سلسلة : البيـــــئة و التـــلوث
العدد (٢)

تلـــوث المــــاء

دكتور
السيد أحمد الخطيب
Ph. D. University of W. Virginia (USA)
أستاذ علوم الأراضى و المياة – كلية الزراعة – جامعة الإسكندرية
و الحائز على
جائزة الدولة التشجيعية فى العلوم الزراعية عام ١٩٩٣
و نوط الإمتياز من الطبقة الأولى

٢٠٠٤

المكتبة المصرية
للطباعة والنشر والتوزيع
٣ ش أحمد دو الفقار – لوران الإسكندرية
تليفاكس ٠٠٢/٠٣/٥٨٤٠٢٩٨
محمول ٠١٢٤٦٨٦٠٤٩

بسم الله الرحمن الرحيم

"ظهر الفساد فى البر والبحر بما كسبت أيـــدى النـــاس ليذيقهم بعض الذى عملوا لعلهم يرجعون ".

الروم (٤١)

صدق الله العظيم

مقدمة

التلوث البيئي يمثل أحد المشكلات الهامة التي تواجــــه البشــرية فـــي عصرنا الحاضر نتيجة للنشاط الإنساني المتزايد في كافه مجالات الحيــــاة . ولأن التلوث البيئي له أبعاد خطيرة على صحة الإنسان فإن قضيه التلـــوث أصبحت تمثل أولوية من أولويات العصر وستظل من أهم الموضوعات التي تشغل فكر العالم في القرن الواحد والعشرون .

ولكي تستعرض معا سلم تصاعد المشاكل البيئية والتلوث فأننا محتاجون بداية إلى توضيح الإطار الذي تنشا فيه هذه المشاكل على مختلف المستويات البيئية وبتعبير أدق على المحيط الحيوي مائة وهواؤه وأرضه . ولقد عــرف العالم الروسى فرنادسكى vernadsky المحيط الحيوي بأنه ذلك الحيز علـــى كوكب الأرض الذي توجد فيه الحياة بمختلف أنواعها بصورة طبيعية ويشمل الطبقات السفلي من الغلاف الجوى وسطح الأرض من أعلى إلى أسفل ومـــا يشتمله من جبال وسهول ووديان وتحت ســطح الأرض والمحيــط المــائي بأنهاره وبحيراته وبحارة ومحيطاته فالمحيط الحيوي إذن هو مصـــدر كــل المدخلات التي نحتاج إليها والمصب التي تنتهي إليها كل المخرجات الناجمة عن العمل على تدبير احتياجاتنا . ويحتوى المحيط الحيوي على وحدات كـل وحدة تمثل نظام بيئى يحتوى على الكائنات الحيه وعناصر غير حيه والطاقة . يجمع بين هذه العناصر جميعا عمليات بيئية وحيوية تنظم العلاقات فيـــها وتستوفى الترابط بينها في إطار التوازن الذي يحفظ للنظام البيئي صحتـــه . ويمكن للنظام البيئي أن يستوعب كميات معينة من المخلفات دون أن يتدهور حالة لذلك علينا عدم تجاوز قدرة النظام البيئي على هضم المخلفـــات التـــي

نقذف بها فيه حتى لا يتلوث تلوثا يضر بالإنسان والحيوان على حد سـواء. نص ميثاق اليونسكو الذي صنع في أعقاب الحرب العالمية الثانيـة بـأن " الحرب تبدأ في عقول الناس" وبالتبعية وبالقدر نفسة فإن الحرص على سلامة البيئة والوعى بمقتضيات هذه السلامة يبد آن في عقول الناس . لذلـك فـإن رفع المستوى التعليمي والثقافي وتنمية الوعي البيئي للأفراد هـي مسـئوليه جماعية يتطلب الاقتناع التام بمسئولية الأفراد تجاه البيئة وحرصـهم علـى سلامتها وصحتها .

وواقع مشكلة التلوث البيئي – كما نراها – يتمثل في أن قسما كبيرا من سكان الدول النامية لا يزال بعيدا كل البعد عن قضايا البيئة وللأسف الشـديد فإن هذا القسم يشمل الأفراد الذين يسيئون إلى البيئة في جزيئـات حياتـهم اليومية وكذلك المسئولون اللامبالين بمراعاة الاعتبارات البيئية فـي أعمـال الأجهزة والمؤسسات التي يرعونها .

من أجل ذلك أيها القارئ الكريم فلقد قام الكاتب بإصدار سلسلة " البيئـة والتلوث" بهدف تنمية الوعي البيئي لدى الأفراد في مجتمعنا واجتذاب القـواء للتعاطف والاهتمام بقضايا البيئة والمشاركة في الحفاظ عليها وأيضا سـحب الأفراد من مساحة اللامبالين بالبيئة إلى جيش الداعين إلى صوبها .

ويتناول الكتاب الثانى فى هذه السلسلة المعلومات الهامة عن تلوث الماء ويشتمل على خمسة فصول يتناول الفصل الأول منها الدورة الهيدرولوجيـه والدور الفريد الذى يلعبه الماء فى الحفاظ على الحياة أمـا الفصـل الثـانى فيتناول تركيب جزئ الماء والخواص السحرية للماء التى تجعله مركب غير عادى وأنواع وأقسام تلوث الماء بينما يتعرض الفصل الرابع والخامس إلى حماية الماء من تلوث عن طريق معالجة مياه الصرف الصحى والصنـاعى

التى يتم التخلص منها فى المجارى المائية وكذلك معايير جودة المياه التـــى وضعتها هيئة حماية البيئة الأمريكية بناء على العلاقة بين تركيز الملوثـــات وتأثيرها على صحة البيئة والإنسان .

أسال الله أن يتحقق الهدف المنشود من تأليف هذا الكتاب وأن يجد منـــه القراء على اختلاف اهتماماتهم العون والفائدة .

والله ولى التوفيق ،،،

أ.د السيد أحمد الخطيب

الإسكندرية ٢٠٠٤

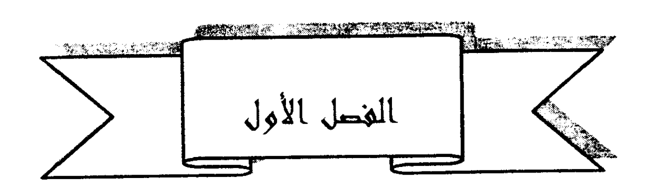


المحتويات

الموضوع	الصفحة

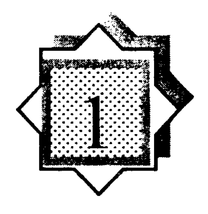
الموضوع	الصفحة

الموضوع	الصفحة



الدورة المائية

- ❖ **الغلاف المائى**
- ❖ **الدورة المائية**
- ❖ **الماء والكائنات الحية**
  - ▪ انتقال الماء خلال أجسام الكئنات الحيه
  - ▪ الأتزان المائى الفسيولوجى
  - ▪ الماء كموطن لبعض الكائنات الحيه
- ❖ **الماء حولنا وفى كل مكان**
- ❖ **الإمداد المائى العالمى**
- ❖ **الاستهلاك المائى الحاضر والمستقبل**



الدورة المائية

الحقيقة المعروفة أن تواجد الماء سبق تواجد الحياة على كوكب الأرض وأن جميع العمليات الكيميائية المتعلقة بتطور صور الحياة والمحافظة عليها يشارك فيها الماء بصورة أساسيه ولذلك فيعتبر الماء أساس الحياة حيث يعمل الماء على نقل المغذيات و العناصر الضرورية للحياة إلى الكائن الحى .

ولأن الماء يعتبر أهم المصادر الطبيعية على الأطلاق فالكثير من الجهد يبذل الآن للحفاظ عليه وإدارته وذلك للدور الهام الذى يلعبه الماء فى الحفاظ على الحياة نتيجة للخواص الفيزيائية الفريدة التى يمتلكها . وللدلاله على انفراد الماء بخواص فيزيائية غير عاديه ضرورية للعمليات الكيموحيويه فى الكائنات الحية هو أن محاولة إحلال الماء الثقيل D_2O المشابه للماء فى تركيبه الكيميائى والفيزيائى مع اختلاف بسيط ناتج عن وزن ذرة هيدروجين إضافية أدى إلى نتيجة عكسية وهى تسمم الكائنات الحية . ونتيجة الصلة



الوثيقة بين الماء والحياة فإن الحاجة ملحه إلى مصادر مستمرة للماء الصالح للاستهلاك الآدمى .

ولما كان الماء مذيب قوى للغاية فإن إزالة المواد الذائبة فيه تصبح عملية صعبه خاصة أن بعض الصناعات مثل الصناعات الدوائية تتطلب استخدام مياه ذات درجة نقاء عالية وتمثل إزالة المواد العضوية وغير العضوية الموجودة فى الماء بتركيزات منخفضة مشكلة معقدة .

وللدلاله على قدرة عمل الماء كمذيب فإنه من الضرورى دراسة العناصر الموجودة فى ماء البحر وهى تشمل الكلور (19000 جزء فى المليون) والصوديوم (10500 جزء فى المليون) والزئبق والفضة والذهب واليزموث بمستويات صغيرة تصل إلى 0.001 جزء في المليون. كما يوجد في مياه البحار بعض العناصر بمستوى أقل من ذلك مثل الكروم والزركون والبلاتين .

أ. الغلاف المائى Hydrosphere

إن نشأة المياه فى الغلاف الجوى وتكثفه على سطح الكره الأرضية مازال غير واضحا فمن المؤكد أن كميات المياه الموجودة الآن فى الكره الأرضية لا يمكن أن تكون منشأها كلية الغلاف الجوى . والحقيقة أن هناك بعض الشواهد الدالة على حدوث تفاعل بين الغلاف المائى والغلاف الجوى فى عصور ما قبل التاريخ حيث يعتبر نحر الصخور والترسيبات لبعض

أنواع الرسوبيات دلاله على ذلك .

ومن المحتمل ظهور الأكسجين فى الغلاف الجوى أولا كنتيجة لتحلل بخار الماء عند تعرضه للأشعة فوق البنفسجية كما أن كميات صغيرة من ثانى أكسيد الكربون قد تنشأ من تحلل المعادن بواسطة حمض الكربونيك والتى بدورها تتحول إلى أكسجين عن طريق التمثيل الضوئى بواسطة النبات. وتدل الحسابات على أن إنتاج الأكسجين بواسطة النبات يصل إلى 10^{11} طن وحوالى 99% من هذه الكمية يتم استهلاكها بواسطة الحيوانات فى عملية الأكسدة الحيوية للغذاء . ومن المعروف أن الشخص البالغ يحتاج 500 لتر من الأكسجين فى اليوم .

ومن الجدير بالذكر أن الأكسجين الناتج فى الغلاف الجوى يتم استهلاكه (90% تستخدم فى تحلل المعادن) ويتبقى فقط حوالى 0.00044% فى الغلاف الجوى أى أن حوالى 5×10^{7} kg من الأكسجين يبقى فى الهواء الجوى فإذا افترضنا أن أبسط مظاهر الحياة تحتاج إلى مياه لتطورها فإننا نستنتج أن الماء قد تواجد على الأرض وحولها منذ نشأتها .

المحيطات : مخازن الماء والطاقة

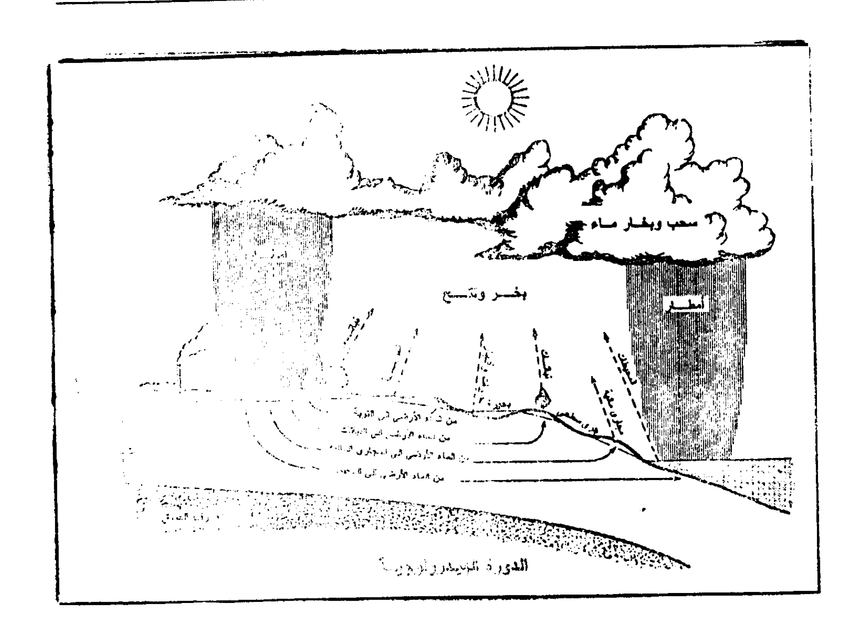
تعتبر المحيطات أحد المخازن الهامة للماء والتى لها تأثير كبير على الظروف المناخية وبالتالى على هطول الأمطار . ونتيجة للحرارة النوعية العالية وغير العادية للماء فإن المحيطات تعتبر من أهم مخازن الطاقة

فالتيارات الدافئة تفقد حرارتها وتنقلها إلى كل ما يحيطها وبالتالى تضمن ثبات المناخ إلى حد ما . وعلى سبيل المثال فإن الحرارة المفقودة من مياه الخليج إلى شمال غرب أوروبا تصل إلى 4×10^{15} kj/h وهو ما يعادل الحرارة الناجمة من حرق 40 مليون طن فحم .

أيضا تعتبر المحيطات غنية بالمعادن كما أنها تمثل مكان لحياة الأسماك البحرية والتى تمثل مصدرا هاما لغذاء الإنسان .

ب. الدورة المائية

يطلق على دورة المياه نتيجة البخر من الغلاف المائى إلى الغلاف الجوى وما يتبعه من ترسيب إلى الغلاف المائى باسم الدورة المائية (شكل1-1).



شكل رقـــم (1-1) : الدورة الهيدرولوجية .

محتوى الماء الكلى للغلاف المائى يصل إلى 6×10^8 ha m$^+$ ولما كـانت كمية الأمطار الكلية تصل إلى 225×10^8 ha m$^+$ فهذا يعنـــى أن الـــماء فـــى الغلاف الجوى يتم تدويره حوالى 37 مره كل عام . ويعادل مستوى الأمطار عمق 0.5 متر ماء يغطى سطح الكرة الأرضية .

(ha – m$^+$ هو عبارة عن حجم الماء الذى سوف يغطى مساحة ١هكتـار إلى عمق ١ متـــر ha m = 10000 m^3) .

وعلى الرغم من أن الدورة الهيدرولوجية هى عملية متصلة فإن وصف هذه الدورة عادة يبدأ من المحيطات التى تغطى حوالى 71% من سطح الكرة الأرضية . فنتيجة لدرجة حرارة الشمس يحدث بخر للماء من المحيطات وغالبا ما يكون بخار الماء غير مرئى ولكن تحت ظروف فوق التشبع يحدث تكون للسحب وتحت تأثير تغيرات خاصة فى درجة الحرارة والضغط يحدث تكثف للرطوبة وتعود إلى الكرة الأرضية على شكل أمطار وبرد وثلوج .

١. الهطول Precipitation

التعبير عن متوسط سقوط الأمطار بما يعادل 0.5m مثلا هو تعبير غير دقيق لأن سقوط الأمطار على سطح الكرة الأرضية يكون غير متجانس وغير منتظم فى الزمان والمكان فمعظم الأمطار الساقطة تعود مباشرة إلى المحيطات والباقى يسقط على الأراضى من الهواء الساخن الرطب نتيجة لأحد العمليات الثلاثة التالية .

Cyclonic (i)

الكتلة الهوائية الساخنة ــ وهى تكون اما ثابتة أو متحركة حركة أفقية ــ المضادة لكتلة الهواء البارد .

Convectional (ii)

كتلة الهواء ــ التى تتلقى حرارة وبخار ماء على سطح الأرض ــ التى

تبرد وذلك عند ارتفاعها رأسيا .

(iii) فى المناطق الجبلية

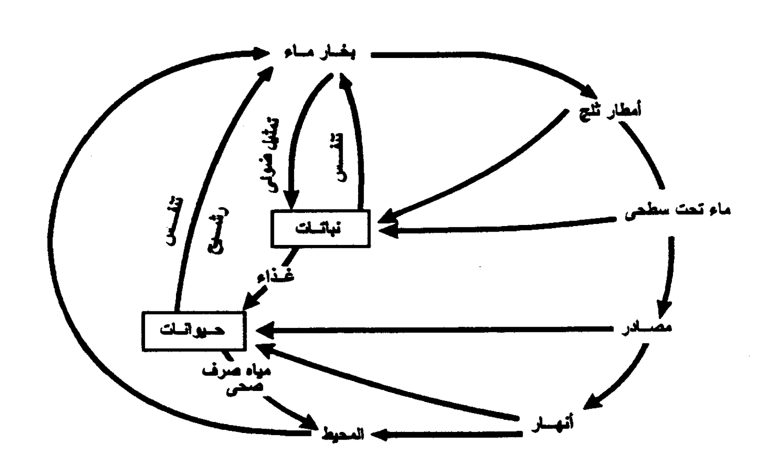
كتلة الهواء الساخن المتحركة تجبر على الارتفاع وفقد حرارة عندما تصطدم بالجبال .

تسقط الأمطار بطريقة غير منتظمة تبعا للمواقع الجغرافية حيث تستقبل المناطق الساحلية قدرا أكبر من الأمطار . وحوالى 70% من متوسط الأمطار الكلية يحدث لها بخر والباقى يظهر كماء على السطح أو تحت سطح الأرض وبخر الماء يكون إما مباشرة من المسطحات المائية أو من خلال النبات عن طريق النتح من الأوراق والسيقان ويمثل البخر من خلال الغطاء النباتى نسبة كبيرة جدا من البخر الكلى .

ويطلق على 30% من الماء الذى لا يعود ثانية إلى الغلاف الجوى باسم ماء الجريان السطحى water runoff ويمثل مصادر الماء المتاحة لكل منطقة (والواقع أن المصادر الكلية للماء العذب التى تشترك فى الدورة المائية لا تزيد عن 0.003% بينما الباقى يتركز فى الغطاء الجليدى) ويتجمع ماء الجريان السطحى فى المجارى المائية وإن كان الجزء الأكبر منه يخترق سطح التربة ويتجمع فوق الطبقات غير المنفذة فى التربة . فقوى الجاذبية تدفع بالماء إلى أسفل من خلال مسام التربة وبمرور الزمن قد يظهر الماء على السطح على شكل عيون springs أو يذهب أسفل مستوى سطح البحر

ثانية إلى المحيطات .

فجزء كبير من المياه الجوفية تصل إلى المجارى السطحية وتمدها بالمياه خلال فترات الجفاف . أيضا المجارى المائية والأنهار تتدفق مياهها إلى المحيطات حيث نجد المحيطات تستقبل حوالى 90% من مياه الجريان السطحى.



شكل رقم : (2-1)

٢. الماء الجوفى Ground water

يلقى الماء الجوفى اهتماما متزايدا لأنه مصدر من المصـــادر الهامــة للماء فى الوقت الحاضر . ومن العجيب معرفة أن الميـــاه السـطحية فــى المجارى المائية والبحيرات تمثل أقل من 3% من الماء العذب المتاح ولكــن نتيجة المشاريع المائية الضخمة فأننا نميل إلى التفكير فى الميـاه السـطحية بأنها أهم مصادر المياه المتاحة . والواقع أن المياه الجوفية تمثل مصدرا هاما للمياه لا يمكن إغفاله . فالمياه الجوفية تمثل حوالــى 40% - 33 مــن ميــاه الجريان السطحى الكلية. وقد تكون أكبر من ذلك بكثير فى بعض المنـــاطق علما بأن جزء من المياه الجوفية قد لا يكـــون متاحـــا نتيجـــة لاعتبـــارات اقتصادية ولذلك فيجب الإشارة إلى أن خمس ولايـــــــات فـــى الولايـــات المتحدة الأمريكية (أركنساس ، أريزونا ، مسيسيبى ، نيوميكسيكو ، جنـــوب داكوتا) تعتمد على المياه الجوفية لتلبية نصف احتياجاتها المائية فى حيـن أن كاليفورنيا وتكساس تأخذ حوالى 25% من احتياجاتها المائيـــة مـــن الميـــاه الجوفية .

أيضا بعض المناطق مثل مقاطعة أونتاريو بكندا على الرغم من توفـــو المياه السطحية بها (بحيرات ــ أنهار) تحصل على احتياجاتها مـــن الميـــاه للشرب والصناعة من المياه الجوفية وذلك لاعتبارات اقتصادية .

٣. الـــــرى Irrigation

يعتبر الماء الجوفى حيوى وهام فى المناطق الجافة وشبه الجافة حيـــث يعتمد عدد كبير من سكان هذه المناطق على الزراعة فى معيشتهم . فعلـــى سبيل المثال فى منطقة مثل الهند أكثر من 90% من الماء الكلى المستهلك يتم استخدامه فى رى الحاصلات الزراعية وذلك لمحدودية سقوط الأمطار .

فالزراعات الكثيفة الناجحة فى هذه المناطق لا يمكـــن أن تتـــم بـــدون استخدام الرى. وفى الثلاثين سنة الأخيرة تم مضاعفة المساحة المروية حيث يساهم الماء الجوفى بحوالى 40% من الماء المستخدم فى الرى .

ويوضح الجدول رقـــم (1-1) مصادر المياه الجوفية فى الهند فنجـــد أن مصادر الماء السطحى المتاح تقدر بحوالى 64 million ha m .

جدول (1-1) : مصادر المياه الجوفية فى الهند (123000 ha m)

حاليـــــا	الموجودة حاليا	المتوقعة مستقبليا
الأمطار	49	49
التسرب من القنوات ونظم الرى	10	24
تسرب من الأنهار	3	8
المجموع	62	81

وبينما تعتبر الأمطار هى المصدر الرئيسى للمياه الجوفية فإن تســـرب الماء وتخزينها تحت سطح التربة يتوقف أساسا على التراكيب الجيولوجيـــة

للمناطق التى يتجمع فيها المياه الجوفية .

٤. استخدام الأراضى

كمية ونوعية المياه الجوفية يرتبط ارتباطا وثيقا بالكيفية التى تستخدم فيها الأراضى فمن الوسائل التى تحافظ على نوعية وكمية المياه الجوفية هو خفض جريان الماء والتعرية فمثلا وجد فى الولايات المتحدة أن زراعة الأراضى بالحشائش ورعى الحيوانات فيها خفضت الجريان المائى والترسيب بحوالى 95% بينما تحويل الغطاء النباتى من شجيرات إلى حشائش أدى إلى خفض التعريه بمقدار 14 ضعف دون أن يؤثر ذلك على كمية المياه المستهلكة .

٥. دراسة العوامل البيئية

العلاقة الوثيقة بين علوم المناخ والجيولوجيا والزراعة يتم الآن دراستها باستخدام النماذج الرياضية وللأسف فإن فهمنا لنظام الأرض – المناخ – المحصول مازال ضعيفا .

فعلى سبيل المثال فإنه معلوم لدينا أن نمو النبات يعتمد اعتمادا كبيرا على الإشعاع الشمسى فى حين أن العلاقة بين العوامل البيئية والتنفس ونمو الأوراق وتوزيع المادة الجافة غير معروف تماما.

ويوجد الآن كثير من النماذج الرياضية تم تطويرها باستخدام عوامل المناخ كمدخلات فيها والحقيقة أن هذه النماذج غير دقيقة وما هى إلا عبارة

عن وصف لكمية المحصول كداله للمناخ فمثلا فى المناطق الاستوائية فـــإن الماء لا يكون عامل محدد للنمو لتوافر الأمطار ولكن تحت الظروف الجافـة فإن عدم سقوط الأمطار يمكن أن يؤدى إلى عدم نمو المحصول ولكننـــا لا نستطيع القول أن المحصول هو داله للهطول المستمر للأمطار .

ج. الماء والكائنات الحية (الدورات المائية البيولوجية)

The biological water cycles

الدور الفريد للماء الذى يلعبه فى النمو والمحافظة على الحياة معـروف تماما . فمن خلال الدورة الهيدرولوجية يمكننا التعرف علـــى دورة الميـــاه الهائلة التى يتم تدويرها سنويا بواسطة التمثيل الضوئى والنتح فى النبـــات . والآن سوف نفحص الميزان المائى Water balance فى الإنسان البالغ والذى يصل إلى 2.5 kg كما هو موضح فى جدول (1-2) .

جدول (1-2): الميزان المائى اليومى للإنسان البالغ مقدرا بالكيلو جرام

المتحصل عليه		الفاقد	
شراب	1.3	عرق	0.4
غذاء	0.9	بخـــر	0.5
أكسدة الغذاء	0.3	إخـــراج	1.6
	2.5		2.5

فنجد أن 2.5 kg تمثل حوالى 4% من الوزن الكلى للإنسان على

المستوى الجزيئى فإن الماء المخلق نتيجة احتراق الغذاء (الكربوهيدرات) لـه دلاله هامة حيث يمكن تمثيل العمليات الكيميائية عن طريق أكســدة كاملـة للجلوكوز لينتج ثانى أكسيد الكربون والماء . أى أن كل جزىء جرام (180g) من الجلوكـــوز

$$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 = 6CO_2 + 6H_2O$$

ماء ثانى أكسيد الكربون أكسجين جلكوز

يتأكسد وينتج 6 جزىء جرام (108g) ماء . ويوضح الجدول الســابق تكون 300g ماء يوميا (حوالى 17 جزىء جرام) ولذلك فلكى تصف المعادلـة الاحتراق اليومى للكربوهيدرات يجب ضرب طرفى المعادلة × 3 وتخليــق 300g من الماء بواسطة الميكانيكية السابق ذكرها يكون مصحوبا بــانطلاق طاقة قدرها 7600 kj فإذا فرض أن هذه الطاقة سوف تنطلــق إلــى جســم الإنسان فى صورة حرارة فإنها كفيلة برفع درجة حرارة الجسم 26°C .

والمعادلة السابق ذكرها توضح فقط المواد الداخلة فى التفاعل والناتجـة منه والحقيقة أنه تم التعرف على ١٤ مرحلة تمر خلالها أكســدة الجلوكــوز وكل مرحلة يتم التحكم فيها بواسطة إنزيمات خاصة ويلعب الماء دورا هامـا فى كل مرحلة.

معدل التفاعلات التى تتحكم فى العمليات الفسيولوجية والحيوية تتوقـف

بدرجة كبيرة على الخواص الفيزيائية للماء عند درجة حرارة الجسم . ولذلك فإن أى تغيير فى هذه الخواص مثل إحلال الماء الثقيل محل الماء العادى يمكن أن يسبب فى ازدواج التفاعلات الكيميائية مما يؤثر بطريقة سلبية على حيوية الكائن الحى .

١.إنتقال الماء خلال أجسام الكائنات الحية

معرفة كميات المياه الداخلة فى التفاعلات الحيوية يمكن أن يمدنا بمعلومات عن معدل انتقال الماء خلال أجسام الكائنات الحية . وبالعودة إلى المعادلة التى تمثل أكسدة الغذاء نجد أن 300g من الماء المنتج يحتاج إلى 185λ من الأكسجين وهى تعادل الكمية التى تستخلصها الرئة من الهواء بكفاءة تعادل 14% (الاحتياجات اليومية الكلية للجسم من الأكسجين تقارب 500L).

ولما كان الهواء يحتوى على 21% أكسجين فإن الرئة تستهلك 6300L من الهواء يوميا لكى تستخلص احتياجات الإنسان الضرورية من الأكسجين الذى لا يلبث أن يذهب إلى خلايا الأنسجة من خلال سريان الدم .

ونتيجة للذائبيه الضعيفة جدا للأكسجين فى الماء فإن الأكسجين يتم انتقاله بواسطة البروتين الناقل (الهيموجلوبين) الذى يقوم أيضا بإزالة ثانى أكسيد الكربون . كما أن ضغط الدم فى الأورطى يكون عالى بدرجة تسمح

بنظام تنقية كفؤ (Ultrafiltration) وأيضا يعمل على انتقال الماء والأيونـــات ذات الوزن الجزئى الصغير خلال أغشية الخلايا .

والحقيقة أن ضغط الدم ينخفض فى الأوعية الدموية ويصبح الضغـــط الأسموزى للبلازما أعلى من ضغط الدم مما يؤدى إلى مرور السوائل فـــى الأنسجة و بالتالى يتم إمداد الخلايا بالمركبات التى فى حاجة إليها .

ولإمداد الخلايا بالأكسجين الكافى لاحتياجاتـــها الضروريـــة لحـــرق الجلوكوز يجب على القلب أن يضخ 7000 L دم حول الأوعية الدموية .

٢. الإتزان المائى الفسيولوجى Physiological Water Blance

بعض أعضاء جسم الإنسان لها المقدرة على الحفاظ على نوعية الميـــاه واتزانها الفسيولوجى. فالكليتين تنتج 180L من البول المخفـــف الـــذى يتـــم تركيزه إلى 1.5L وإخراجه من الجسم .

محتوى الجسم من الماء والذى يبلغ (40L) والذى يمثل 60% مـــن وزن جسم الإنسان البالغ لا يكون موزعا بالجسم بطريقة متساوية فبعض أعضـــاء الجسم مثل المخ والعضلات تحتوى على كمية أكبر مـــن المـــاء بالمقارنـــة بالأعضاء الأخرى للجسم . وحوالى ثلثى ماء الجسم يكون موجـــودا داخـــل الخلايا بينما الثلث الأخر يتواجد خارج الخلايا وتشارك فى الدورات المختلفة

فى الجسم انتقال الماء من وإلى خلايا الجسم يتم التحكم فيها أساسا بميكانيكيات أسموزيه .

والمعلومات الهامة التى يجب معرفتها هى الحد الأدنى من الماء الذى تحتاجه الخلايا لاستمرار الحياة حيث أن هذه المعلومات تكون ضرورية تحت ظروف الجفاف والبرد الشديدين . ومن المدهش أن نعلم أن جزء من مياه الخلايا تقاوم التجمد حتى تحت درجات حرارة أقل من الصفر .

٣. الماء كموطن لبعض الكائنات الحية Water As Habitat

النباتات والحيوانات التى تعيش فى الماء لا تعانى من مشاكل نقاء الماء . بالإضافة إلى أن الحرارة النوعية للماء تضمن مناخ ثابت لمعيشة الكائنات الحية فى الأنهار البحيرات والمحيطات .

فالكائنات الحية التى تعيش فى المحيطات تكون فى حالة عدم اتزان أسموزى وبالتالى فإن مصادر الطاقة الحيوية يجب توجيهها للحفاظ على سوائل الجسم تحت أى ضغط أسموزى . فمعظم الأسماك العظمية لها المقدرة على شرب ماء البحر وإخراج الملح الزائد. وفى نفس الوقت فإنها تعمل على إخراج البول فقط عندما يكون الاتزان الأسموزى فى الجسم موجود وبالتالى تتخلص من الأملاح فى الوقت المناسب .

بعض النباتات لها المقدرة على تحمل التركيزات العالية من الأملاح والعلاقة بين نمو النبات وامتصاص الأيونات وتجميعها وأهمية هذه العمليات

فى تحمل النباتات للملوحة مازالت غير مفهومه تماما ويجب دراسة هذه العوامل تفصيليا مستقبلا.

د. المـاء حولنا وفى كل مكان

- **كم يبلغ حجم وكمية المياه فى العالم ؟**

قدر العلماء حجم الماء فى الكرة الأرضية بحوالى بليون كيلو متر مكعب (اكم^3 بملأ حوالى 300 حمام سباحة من النوع الذى يستخدم فى الألعاب الأوليمبية) . ويغطى الماء حوالى ثلاثة أرباع مسطح الكرة الأرضية ممثلة فى المحيطات والبحار والأنهار والبحيرات والثلاجات .

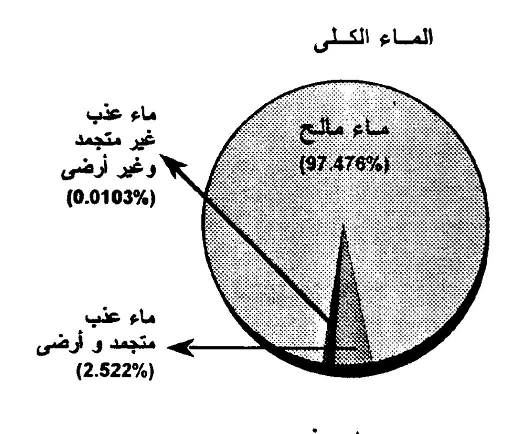
وأيضا يجب ألا نغفل وجود الماء فى الجو وفى باطن الأرض . وكما سبق ذكره فيما يعرف بالدورة الهيدرولوجية فإن الماء يتبخر من المحيطات إلى طبقات الجو ثم يعود ثانية إلى الأرض على شكل أمطار وثلوج ثم يتبخر مرة ثانية وهكذا . وتوزيع الماء على أجزاء الكرة الأرضية يختلف من موسم إلى أخر ومن سنة إلى سنه ولكن الكمية الكلية للماء على سطح الكرة الأرضية يظل بالضرورة ثابتا .

الإمداد المائى العالمى The worlds water supply

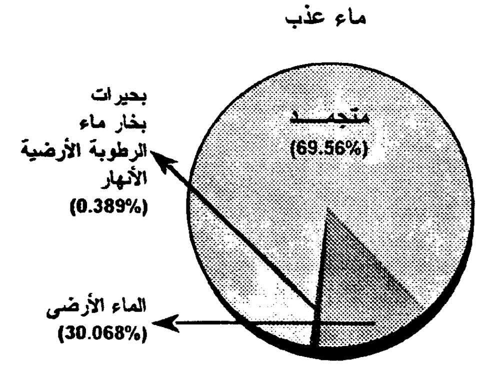
معظم المياه الموجودة على سطح الكرة الأرضية هى مياه مالحة وتبلغ نسبتها حوالى 97.476% من الماء الكلى بينما تبلغ نسبة المياه العذبة المتواجدة على سطح الأرض 0.0103% فقط من المياه الكلية (شكل 1-3) .

ويتضح من الشكل أن حوالى 69.56% من الماء العذب يكون على صـــورة متجمدة ، 30.06% من الماء العذب تتواجد فى باطن الأرض أما الماء العذب المتواجد فى الأنهار والبحيرات وبخار الماء وعلى شكل رطوبـــة أرضيـــة فيشكل 0.389% فقط من المياه العذبة الكلية (شكل رقم1-3) .

الماء الكلى



ماء عذب



شكل رقم (1-3) : الإمداد المائى العالمى

ويوضح الجدول رقم (1-1) الأنواع والأحجام التقديرية لمخزون المياه المتواجدة فى الكرة الأرضية . ويجب إعتبار هذه الكميات كدليل نسبى فقط نظرا لصعوبة تقدير أحجام المياه على المستوى العالمى وخاصة المياه الجوفية حيث أن الأمر الهام هنا هو الصورة العامة لتوزيعات المياه .

جدول رقم (1-1): مخزون المياه فى الكرة الأرضية ($1000\ km^3$)

	الحجم	% الماء الكلى	% الماء العذب
مخزون الماء المالح			
١. محيطات	1338000	96.54	-
٢. ماء جوفى/مالح	12870	0.93	-
٣. ماء بحيرات مالح	85	0.006	-
المخزون الكلى للماء المالح	1350955	97.476	-
مخزون الماء العذب			
٤. غطاء ثلجى دائم/ ثلاجات	24064	1.74	68.7
٥. ماء جوفى عذب	10530	0.76	30.06
٦. ثلج تحت سطحى	300	0.022	0.86
مخزون المياه العذبة المجمدة والمياه العذبة الجوفية	34894	2.522	99.62
٧. مياه بحيرات عذبة	91	0.007	0.26
٨. الرطوبة الأرضية	16.5	0.001	0.05
٩. بخار الماء الجوى	12.9	0.001	0.04
١٠. الأراضى الغدقة	11.5	0.001	0.03
١١. أنهار	2.12	0.0002	0.006
١٢. موجودة فى الغطاء النباتى	1.12	0.0001	0.003
مخزون المياه العذبة بدون المتجمدة وغير المياه الجوفية	135	0.0103	0.389
مخزون المياه العذبة الكلية	35029	2.5323	100
الماء الكلى على الأرض	1385984	100	-

Source: Adapted from Peter H. Gleick. The World's Water 2000-2001. washinghon, DC: Island Press, 2000.

Note: Totals may not add due to rounding.

هـ . الاستهلاك المائى (الحاضر والمستقبل)

قيل الكثير عن الاحتياجات المائية والاستهلاك المائى علـى المسـتوى القومى والعالى وذلك باستخدام المتوسطات الاستهلاكية العالميـة والمحليـة والتى لا تعطى صورة واضحة تماما .

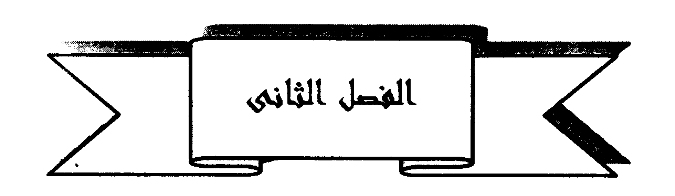
فمن الملاحظ أن استهلاك الفرد للماء فى أوربا (1900) قـدر بحوالـى 230l/day وهذا الاستهلاك لم يتغير منذ الإمبراطورية الرومانية القديمة أمـا فى سنة 2000 فالوضع تغير تماما نتيجة ازدياد السكان والتقـدم الصنـاعى الهائل . حيث يزيد الاستهلاك المائى فى البلاد الصناعية المتقدمة بمقدار 2 - 3% سنويا نتيجة التقدم الصناعى فى هذه الدول . مما ينبـئ بعـدم كفايـة الموارد المائية الطبيعية فى المستقبل وفى الوقت نفسـه يمكـن اعتبـار أن الموارد المائية الطبيعية غير محدودة للأسباب التالية :

١- كميات المياه المستهلكة Consumptive يطلق عليها هذا الاسم وذلك لعدم توفر الوسائل القادرة على تنقية وإعادة استخدام هذه المياه .

٢- البخر – نتح يعتبر هو المسئول الرئيسى عن جزء كبـير مـن الميـاه المستهلكة ولذلك فإن السيطرة على النباتات المحبة للمياه والنامية علـى ضفاف الأنهار أدى بالفعل إلى خفض كميات المياه المفقـودة . ويمكـن عمل الكثير فى هذا المضمار مثل التحكم فى البخر – نتح عن طريـق استخدام المحاصيل المقاومة للجفاف .

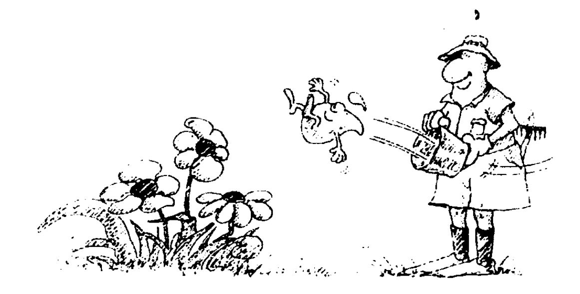
٣- تحسين وسائل الرى . يمكن أن يخفض من كميات المياه المفقودة .

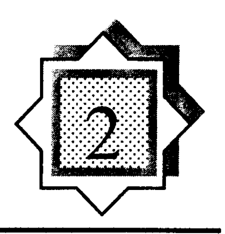
٤- تحويل مياه البحر إلى مياه عذبة هى عملية مكلفة حاليـــا ولكـــن بتقـــدم التكنولوجيا يمكن التغلب على ذلك مستقبلا .



الماء ساحر الطبيعة

- جزئ الماء
- الخواص السحرية للماء
- الروابط المتكافئة والإلكتروليتات





الماء – ساحر الطبيعة

الماء هو المذيب والوسط والمشارك فى أغلب التفاعلات الكيميائية التى تحدث فى البيئة .

ويعتبر الماء فى تركيبه بسيطا وواقعه معقدا فجزئ الماء يتكون من ثلاث ذرات (إثنين هيدروجين ، وواحدة أكسجين H_2O) وكيفية إتحاد هذه الذرات ببعضها هى التى تعطينا جزئ ذو خواص سحرية .

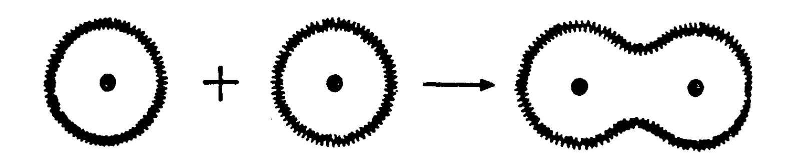
جزيئات الهيدروجين والأكسيجين

تمتلك ذرة الهيدروجين فى الحالة غير النشطة ground state الكترون واحد فى المدار 1s . ولذلك فإن هذا الالكترون تكون له قدرة عالية للتفاعل مع ذرة هيدروجين أخرى ليعطى جزئ الهيدروجين H_2 . وفى هذا الجزئ ينطبق المدارات الذرية البسيطة فى كل ذرة مكونة مدار جزيئ يحتوى على الكترونين شكل (2-1) وهذا النوع من الارتباط الذى يشترك فيه كلا من الذرتين بإلكترون يسمى الرابطة التساهميه .

أما الأكسجين فى الحالة غير النشطة ground state فهو يحتوى على

ثمانية الكترون موزعة كالتالى : إثنين فى 1s ، إثنين فى 2s ، أثنين فـــى 2p بينما الإثنين الباقيين يتوزعان على مدارى 2p . وعند اتحاد ذرتى أكســـجين مع بعضهما يتكون جزئ الأكسجين ثنائى الذرة O_2 الـــذى يحتـــوى علـــى زوجين من الإلكترونات فى المدار الجزيئى .

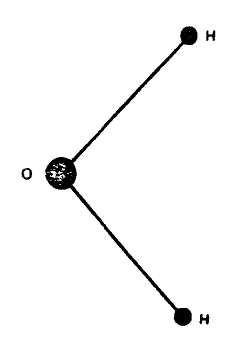
وجود الكترونات منفردة فى مدارى sp يجعل ذرة الأكسجين نشـــطة كيميائيا ويعطيها صفة البارا مغناطيسية (تواجد أقطاب مغناطيسية دائمة) .



شكل (2-1) : تفاعل ذرتى هيدروجين لتعطى مدار جزئ يحتوى على زوج من الإلكترونات .

جـــزئ الماء

تتفاعل ذرة الأكسجين مع ذرتى هيدروجين مكونا الماء وينتج من هـــذا التفاعل انطلاق طاقة ناتجة عن إعادة توزيع الإلكترونات حيـــث يتـــم اخـــذ الإلكترونات الذرية فى ذرة الأكسجين لتكون أزواج إلكترونية فـــى المـــدار الجزيئ . والزاوية بين مدارى الارتباط فى الماء تساوى 104.5° وهى أكـــبر قليلا من الزاوية بين مدارى 2p والتى تساوى 40° شكل (2-2) .

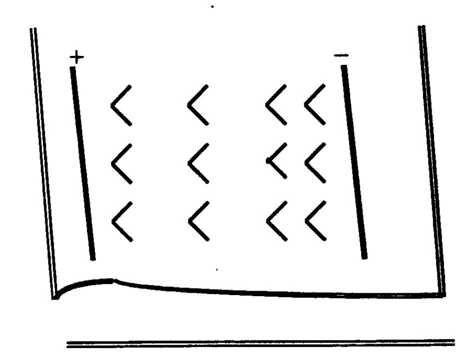


شكل (2-2) : شكل جزئ الماء - نواة الأكسجين تحمل شحنة سالبة ونواة الهيدروجين تحمل شحنة موجبة

وارتباط الهيدروجين بالأكسجين فى جزئ المـــاء يتـــم علـــى طريقـــة الروابط التعاونية . ونظراً لكبر حجم نواه ذرة الأكسجين بالنسبة إلى نـــواة ذرة الهيدروجين فإنها تجذب أكثر من نصف الإلكترونـــات فـــى الرابطـــة التعاونية وبالتالى تحمل شحنة سالبة ويصبح ذرتى الـــهيدروجين محملتيـــن

بشحنة موجبة ونتيجة لذلك فإن جزئ الماء يحمل شحنتين ويطلق عليه جزئ ثنائى القطبية dipole وهذه الصفة يرجع إليها الكثير من خواص الماء .

وعند وضع الماء بين قطبين ذو شحنتين سالبة وموجبة فإن جزيئات الماء تترتب بحيث تخفض الجهد بين القطبين (شكل 2-3) وهذه الخاصية هى السبب فى إرتفاع ثابت ثنائى الكهربية للماء والذى يصل إلى 80 عند درجة حرارة 20° وبالتالى يكون الترتيب جيد للغاية للمواد المتأنية حيث يعمل الماء نتيجة لقطبيته إلى مصاحبة الماء فى الصورة السائلة .



شكل (2-3) : ترتيب جزيئات الماء بين القطبين ذى الشحنة

الماء : مرئى وغير مرئى Water : visible and invisible

يتواجد الماء على الأرض على صورة سائلة وصلبة (ثلج) وغازية (بخار ماء) .

- الثلج هو الصورة الصلبة للماء وبعكس أغلب المواد (الصور الصلبة هى الأكثر كثافة) نجد أن الثلج أخف كثافة من الماء ولذلك فهو يطفو على سطح الماء فإذا كان الثلج أكثر كثافة من الماء فإن البحيرات والأنهار ستتجمد من القاع إلى أعلى وبالتالى لا تستطيع الأسماك المعيشة فى هذه البحيرات والأنهار كما أن البحيرات والأنهار فى الدول الشمالية تظل مليئة بالثلوج ولا تذوب هذه الثلوج أبداً .

- بخار الماء يكون نوع من الغطاء على الكرة الأرضية يساعد على حفظ حرارة الأرض – فالحرارة المنبعثة من الأرض (التى اكتسبتها من الشمس) يمتصها بخار الماء ويحتفظ بها .

- تملك كندا من المياه العذبة حوالى 7% من الإمداد المائى الكلى مقارنة بـ 18% فى البرازيل ، 9% فى الصين ، 8% فى الولايات المتحدة .

الخواص السحرية للماء

تنجذب جزيئات الماء لبعضها نتيجة الروابط الهيدروجينية القوية التى تحدد جميع الخواص الفيزيائية وأغلب الخواص الكيميائية للماء . تمتلك الماء خواص فيزيائية وكيميائية فريدة فعادة يتواجد الماء فى صورة سائلة والماء النقى ليس له طعم أو لون أو رائحة ويتحول إلى صلب عند صفر°م وإلى

بخار عند 100 °C وكثافتة $1 g/cm^3$ وهو مذيب رائع وتعتمد جميع أنواع وأشكال الحياه على الماء لكى تستمر فى الحياة .

١- درجة الغليان والتجمد

يغلى الماء عند مستوى سطح البحر عند درجة حرارة 100°C ، ويتجمد عند درجة حرارة 0°C . عند ارتفاعات أعلى من سطح البحر (ضغط بخارى منخفض) فإن درجة حرارة غليان الماء تنخفض . وهذا يفسر زيادة زمن سلق البيض مثلا عند الارتفاعات العالية لأن درجة حرارة الماء لا تكون مرتفعة بدرجة كافية للطبخ كما هو الحال عند الأماكن ذات الارتفاعات المساوية لسطح الأرض .

عند إذابة مادة فى الماء فإن هذا يؤدى إلى خفض درجة حرارة تجمد الماء وهذا يفسر رش الملح فى شوارع أوروبا وأمريكا فى الشتاء لمنع تكوين الثلج .

٢- الخواص الحرارية .

يكتسب الماء أو يطلق حرارة أكثر من أى مادة أخرى وذلك لكل درجة حرارة تزيد أو تنقص . لذلك فإن الماء يستخدم فى التبريد وكذلك لنقل الحرارة فى العمليات الكيميائية ، الحرارية .

واختلاف درجات الحرارة بين البحار والبحيرات والهواء المحيط بهما

يكون له تأثيرات عديدة فعلى سبيل المثال فإن الضباب يحتمـــل حدوثـــة إذا حدث تبريد للهواء المحيط بالحيرة بدرجة كافية لتشبعه بالماء وبالتالى تصبح حبيبات صغيرة من الماء معلقه فى الهواء .

ولذلك نجد أن المسطحات المائية الكبيرة مثل المحيطـــات والبحـــيرات العظمى يكون لها تأثير كبير على المناخ . حيث تعتـــبر هـــذه المســـطحات المائية المخزون الحرارى للعالم ومصدر الرطوبة التى يسقط كأمطار وثلوج على المناطق المجاورة لها .

وعندما يصبح الماء أبرد من الهواء فإن الـــهطول يتوقـــف والريـــاح تنخفض ويتكون الضباب .

٣- التوتر السطحى

التوتر السطحى هو مقياس لقوة غشاء سطح الماء . فالتجــــاوب بيـــن جزيئات الماء ينشأ عنها غشاء قوى على سطح الماء لا يمكـــن مقارنتـــه إلا بمادة واحدة فقط هى الزئبق .

وهذا التوتر السطحى يسمح للماء بمسك مواد أثقل وأكثف مـــن المـــاء نفسة فنجد مثلا طفو إبرة من الصلب يتم وضعها بعناية على سطح ماء فـــى كوب زجاجى وأيضا بعض الحشرات المائية تعتمد على التوتـــر الســـطحى للماء كى تستطيع أن تمشى على سطح الماء .

التوتر السطحى هو المسئول عن نقل الطاقة من الريــاح إلــى المــاء لحدوث الأمواج التى هى ضرورية للإنتشار السريع للأكسجين فى البحـــار والبحيرات .

٤- حركة الجزيئات

جزيئات الماء لها القدرة على الإرتباط بكثير من المواد مثـــل القطـن والزجاج والتربة وأنسجة النبات وهذا ما يطلق عليــه الالتصـــاق adhesion فعلى سبيل المثال نجد أن المياه الداخلة إلى أنبوبة زجاجية شـــعرية ترتبــط وتلتصق بجزيئات الزجاج عند الحافة وبمستوى أعلى من مستوى الماء ممــا يؤدى إلى دفع الماء إلى مستوى أعلى جديد وتتوالى هذه العملية حتى تصبـح قوى الجاذبية الأرضية كبيرة لدرجة لا يمكن التغلب عليها وهـــذه العمليــة يطلق عليها الفعل الشعرى Capillary action .

وعلى ذلك فإن الماء له القدرة على ترطيب كثير من المـــواد فــالفعل الشعرى يسمح باستخدام النشاف وال]stk لشفط المياه . أيضا بـــدون هــذه الخاصية لا يمكن للنباتات إمتصاص المياه اللازمة لنموه .

٥- الثبات الكيميائى للماء

عند تكون الماء من عناصره (الأكسجين والهيدروجين) تنطلق طاقـــة تقدر بحوالى 286 kj/mo1 . والتفاعل المباشر يعتبر ذو طبيعـــة انفجاريــة

explosive ولكن يمكن إجراؤة عند درجات حرارة عادية تحت ظروف خاصة فى خلية الوقود وهذه الخلية تكون من الكترودات وعوامل مساعدة وغشاء تبادل أيونى مرتبة بدرجة تسمح باتحاد غازى الهيدروجين والأكسجين منتجا طاقة كهربائية. وأقصى فولت ينتج من هذه الخلية هو 1.23 V عند 20° وهو ما يعادل طاقة كهربائية قدرها 237 kj/mol .

انطلاق طاقه كهربائية كبيرة عند تكون الماء يعنى ثبات الماء كيميائيا عند درجات الحرارة العادية . أما عند درجات الحرارة العالية فيتحلل الماء وتكون درجة التحلل عند 2000 °C هى حوالى 0.008 .

يمكن للماء أن ينحل بواسطة الفلزات القلوية والليثيوم والصوديوم والبوتاسيوم منتجا غاز الهيدروجين وهيدروكسيد الفلز . كما يمكن للماء أن يتفاعل مع الفلزات القلوية الأرضية الكالسيوم والسترنشيوم والباريوم وكذلك الحديد وفى هذه التفاعلات يتفاعل الماء كمادة مؤكسدة .

وعند درجات الحرارة العادية يكون التوصيل الكهربائى للماء ضعيفا مما يدل على وجود تأين ضعيف جداً للماء .

$$H_2O \rightleftharpoons H^+ + OH^-$$

٦- التحلل الأيونى للماء Ionic dissociation of water

يتحلل الماء إلى أيوناته (الهيدروكسيل والهيدروجين) عند درجة حرارة

25°C بمقدار ضئيل جداً يقدر بحوالى واحد جزئ من الأيونـــات لكــل 555 مليون جزئ ماء وتكون الأيونات المنحلة مصاحبة بقوة لجزيئات الماء فأيون الهيدروجين H^+ لا يتواجد بمفردة فى الماء مطلقا ولذلك فهو عادة ما يكتـــب كأيون الهيدرونيوم H_3O^+ :

$$2\ H_2O = H_3O^+ + OH^-$$

قيمة التوصيل الكهربائى للماء عند درجة 25° هى 0.056 uS/cm وهو ما يعادل تركيز 10^{-7} mol/l من أيونات الهيدرونيوم والهيدروكسيل .

وبتطبيق قانون فعل الكتلة على تحلل الماء فإن الناتج الأيونى يصبح :

$$K_w = [H_3O^+]\ [OH^-]$$

حيث :

[ ] التركيز مقدرا بالمول / لتر يكون ثابت عند درجة حلرارة معينة .
وقيمة K_w هى $(mol/l)^2$ 10^{-14} عند درجة حرارة 25°C .

٧- درجة الحموضة pH

يمكن التعبير عن التركـــيز الضعيـــف لتركـــيز الأيونـــات باســـتخدام اللوغارتيم السالب فعل سبيل المثال يمكـــن التعبـــير عـــن K_w باســـتخدام اللوغارتيم السالب فيصبح pK_w : $pK_w = -\log K_w$ عند درجـــة حرارة 25°C

$$pK_w = -\log(10^{-14}) = -(-14) = 14$$

فكلما صغرت قيمة K_w تزيد قيمة pK_w ويستخدم اللوغـــارتيم الســـالب عادة للتعبير عن تركيز أيون الهيدرونيوم فى الماء والمحاليل المائية .

$$pH = -\log\ [H_3O^+]$$

والتعريف الدقيق للـــ pH هو عبارة عن اللوغاريتم الســـــالب للنشـــاط الديناميكى الحرارى لأيونات الهيدرونيوم . وهنا بعتـــبر النشـــاط مســـاويا للتركيز الجزيئ فى المحاليل المخففة . وعند درجة حرارة 25°C فإن تركـيز أيونات الهيدرونيوم فى الماء النقى تكون 10^{-7} mol/1 ولذلك فإن

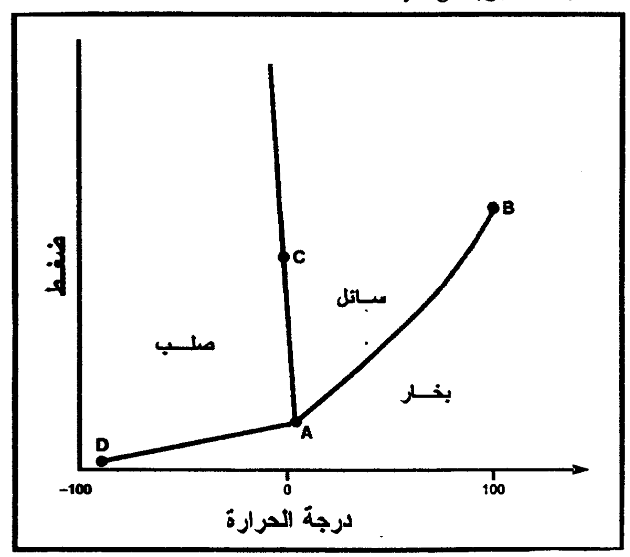
$$pH = -\log(10^{-7}) = 7$$

ودرجة الـــ pH هذه تمثل درجة التعادل بين الحمض والقلوى وإضافـــة حمض إلى الماء يزيد من تركيز أيونات الهيدرونيوم فيقل الـــ pH ولما كـــان الناتج الأيونى K_w ثابت فمن البديهى أن يقل تركيز أيونات الهيدروكسيل تبعا لذلك والعكس صحيح تماماً عند إضافة قلوى إلى الماء .

٨- إتزان الأطوار phase equilibria

درجات الحرارة التى يحدث عندها غليان الماء أو تجمـــــده ثابتـــة ولا تتغير تحت الضغط الجوى وهى 100°C ، O° C وللماء نقطة ثلاثيـــة Point triple أى درجة حرارة يتواجد عندها الصور الثلاثة للمـــــاء وهـــى الثلــــج

والسائل والبخار والغاز فى حالة أتزان وهذه الدرجة هـــى 0.0098°C عنــد ضغط $0.011\ k\ N/m^2$ (شكل4-2) . فوق هذا الضغط يكون التوازن أيضـــا ممكنا فقط بين الثلج والسائل أما بين السائل والغاز أما أقـــل مـــن الضغـــط السابق ذكره فيحدث أتزان فقط بين الثلج والسائل وبتسخين الثلج تحت هـــذه الظروف فإنه يتسامى مباشرة إلى بخار وهذا التأثير هو الذى يســـتخدم فـــى عمل التجفيف بالتبريد Freeze drying .



شكل (2-4) : أتزان أطوار الماء . A تمثـــل النقطـــة الثلاثيـــة ، AB نقطـــة الغليـــان (أتزان السائل والغاز) ، AC نقطة الانصهار (أتزان الصلب والسائل) AD التســـامى (أتزان الصلب والغاز) .

عندما يتجمد الماء السائل يحدث زيادة فى الحجم ولذلك نجد أن كثافة الماء عند درجة صفر مئوية تكون $0.999 g/cm^3$ بينما كثافة الثلج $0.917 g/cm^3$.

وتقدر حرارة الانصهار للثلج 335 J/g عند صفر درجة مئوية بينما حرارة التبخير للماء تقدر بـ 2255 J/g عند درجة 100°C وارتفاع درجة حرارة التبخير تعكس مدى قوة ترابط جزيئات الماء فى الحالة السائلة .

٩- التضاغط Compressibility

يعرف تضاغط السائل B بأنه التغيير النسبى فى الحجم ΔV مقسوما على التغير فى الضغط Δ P .

$$B = \frac{-\Delta V}{V \Delta P}$$

ووحدات B هى $pressure^{-1}$ ، cm^2 2/N أو Bar^{-1} .

قام Bridgeman بتجارب على تضاغط الماء وذلك بأن وضع الماء فى أسطوانه مصنوعة من سبيكة الصلب والكروم فاناديوم بداخلها مكبس وقام بقياس التغير فى الحجم بازدياد الضغط واستعمل ضغط حتى 95000 ضغط جوى ووجد أن تضاغط الماء هو داله للحرارة والضغط (جدول 2-1) .

ويوضح الجدول تأثير الأملاح والمواد الذائبة فى الماء على تضاغط الماء فنجد أن المواد الذائبة أدت إلى خفض تضاغط الماء .

١٠- خواص الإذابة

الماء – المذيب السحرى

الخاصية السحرية للماء هى مقدرته لإذابة المواد الأخرى فلا يوجـد أى مادة على سطح الأرض لا يمكن التعرف عليها من خلال الماء . ولولا هذه

جدول 2-1 تضاغط الماء والمحاليل المائية

المحلول	التركيز %	درجة الحرارة °C	الضغط جو	$B, 10^{-10}$ m^2/N
الماء	—	O °C	500	4.56
	—	20°C	~	4.18
	—	4°C	~	4.09
	—	20°C	1000	3.91
	—	20°C	2000	3.47
	—	20°C	5000	2.18
سكر	0	12.4	1-140	4.59
	10	~	~	4.4
	20	~	~	3.91
كلوريد صوديوم	1.3	10	15	4.47
	13.5	10	15	3.34
	22.2	10	15	2.78
كلوريد كالسيوم	5.8	20	2-20	3.92
	9.9	~	~	3.66
	17.8	~	~	3.09

الخاصية السحرية لا تحد من الحياه لأن الماء يعمل على نقل المغذيات الضرورية للحياه إلى النبات والحيوان .

كما أن الأمطار المتساقطة على الهواء تذيب الغازات الموجــودة فــي الجو وتؤثر على صفات وجودة الأراضى والبحيرات والأنهار .

قطبية جزيئات الماء تعنى مقدرة جزيئات الماء للترتيب حول الأيون ذو الشحنة الكهربائية وذلك اخفض الحقل الكهربائى للأيون . ولذلك فإن المــاء يعتبر مذيب جيد للمواد المتأينه فعلى سبيل المثــال فــإن بلــورة كلوريــد الصوديوم تتركب من أيونات الصوديوم والكلور ممسوكة ببعضــها داخــل البلورة وبوضع بلورة كلوريد الصوديوم فى الماء فإن جزيئات الماء تحيــط بالأيونات وتحطم البلورة وتذيب الملح . والماء له المقدرة على إذابــة كــل الأملاح والأحماض والقواعد بدرجات مختلفة . أيضاً جميع الغــازات لــها درجات ذائبية معينة فى الماء تتناسب مع الضغط الجزئى للغاز وتقل الذائبية بزيادة درجة الحرارة وعندما يكون للغاز مقدرة على إنتاج أيونات فى المــاء مثل ثانى أكسيد الكربون ، الأمونيا تكون ذائبية الغــاز مرتفعــة ويوضــح الجدول رقم 2-2 ذائبية بعض الغازات .

جدول 2-2 . ذائبية الغازات مقدرة بالسم المكعب من الغاز ذائب فى لتر من الماء عند ضغط غاز 100 kN/m^2 عند درجة حرارة 20° C .

الأكسجين	31
نيتروجين	15
هيدروجين	15
ثانى أكسيد الكربون	878
كلور	2300
أمونيا	654

وذائبية السوائل فى الماء تعتمد بدرجة كبيرة على القطبية فالسوائل التى تتأين فى الماء مثل حمض الكبريتيك تتفاعل فى الماء منتجه حـــرارة . أمـــا السوائل التى تحتوى على مجاميع قطبية مثل الكحولات والأمينـــات تكـــون شديدة الذوبان فى الماء بينما السوائل الغير قطبية مثل الهيدروكربونات تكون شحيحة الذوبان فى الماء ونفس المنطق ينطبق على ذائبية المواد الصلبة فـــى الماء .

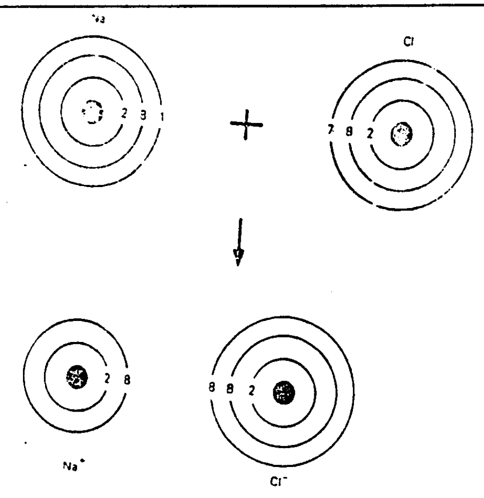
١١- الغرويات Colloids

المركبات غير الذائبة فى الماء قد تكون معلقات غروية ثابتة فى المـــاء وتكون فيها الحبيبات المعلقة صغيرة جداً لدرجة أن الحركة العشوائية

لجزيئات الماء تمنعها من الترسيب . وتتراوح حجم الحبيبات الغروية بين ($10^{-9}m$ - $10^{-6}m$) ويعتبر إزالة الغرويات من المشكلات الرئيسية فى تنقية مياه الصرف الصحى . وتعتبر معادلة الشحنات على الحبيبات الغروية المعلقة بواسطة إضافة كاتيونات عديدة التكافؤ مثل أملاح الحديد والأمونيوم وسيلة فعالة فى تجميع الغرويات غير المرغوب فيها .

الروابط المتكافئة والإلكتروليتات

الإلكتروليتات هى مواد تنتج أيونات ذات شحنات كهربائية قادرة على توصيل الكهرباء فعندما يتكون كلوريد الصوديوم من عناصره يحدث انتقال كامل للإلكترون من ذرة الصوديوم إلى ذرة الكلوريد وهذا يجعل كلا من الذرتين ذات تركيب الكترونى ثابت وفى نفس الوقت تحمل كلا من الذرتين شحنة فتصبح ذرة الصوديوم ذات شحنة موجبة (كاتيون) وذرة الكلوريد ذات شحن سالبة (أنيون) وكلا من الأيونين يتحدان ببعضهما عن طريق التجاذب الإلكتروستاتيكى ويطلق على الرابطة الموجودة بينهم بالرابطة المتكافئة كهربائيا Electrovalent bond .



شكل (2-5) :تكوين الرابطة المكافئة الكهربائية فى كلوريد الصوديوم
(تمثل الأرقام عدد الألكترونات فى المدارات)

(١) الأحماض القوية

الحمض هو مادة تنتج أيونات الهيدروجين فى الماء وبالتالى تقلل مـــن تركيز أيون الهيدروكسيل . والحمض القوى هو الحمض الذى يتأين تماماً فى الماء مثل حمض الهيدروكلوريك :

$$HCl + H_2O = H_3O^+ + Cl^-$$

وكلوريد الهيدروجين هو عبارة عن غاز يوجد به رابطة تعاونية قطبية بين ذرات الهيدروجين والكلوريد . وبذوبانه فى الماء يحدث انتقال الكترون

ذرة الهيدروجين إلى الكلورين وتتكون أيونات الهيدرونيوم وأيونات الكلوريد ويمكن بسهولة حساب درجة حموضة pH محلول حمـــض الـــهيدروكلوريك حيث أن كل مول من الحمض يعطى واحد مول من أيونات الهيدروجين فـإذا كان تركيز الحمض cmo1/l :

$$pH = - \log c$$

فإذا كان التركيز 0.01/mo1/l فإن

$$pH = - \log (0.01) = - (-2) = 2$$

(٢) الأحماض الضعيفة

يوجد إتزان بين غالبية الأحماض والماء ويتكون أيون الهيدرونيوم كمـا يلى :

$$H_2O + \text{حمض} \rightleftarrows H_3O^+ + \text{قاعدة}$$

وتبعا للنظرية العامة للأحماض والقواعد فإن القاعدة تتكون دائماً عندما ينتج الحمض أيونات الهيدرونيوم . ويعرف الحمض بأنه مادة قــادرة علـــى تكوين أيونات الهيدروجين مع المذيب بينما القاعدة تعرف بأنها المادة التـــى تزيل أيونات الهيدروجين من المذيب . فى الماء نجـــد أن إزالـــه أيونـــات الهيدروجين تعنى زيادة فى تركيز أيونات الهيدروكسيل وذلك للحفاظ علـــى حاصل الإذابة الأيونى K_w ثابتا .

وبتطبيق قانون فعل الكتلة على اتزان القواعد والأحماض فـــى المـــاء يصبح ثابت الاتزان Ka كما يلى :

$$Ka = \frac{[H_3O^+][base]}{[acid]}$$

وتمثل [ ] التركيز الجزئ أو بتعبير أدق النشاط الديناميكى الحـــرارى ويمكن التعبير عن Ka لوغارتميا كالآتى :

$$pKa = -\log(Ka)$$

ويقيس pKa قوة الحمض فالحمض الضعيف جداً تكون قيمتــه Ka لـــه منخفضة أى pKa عالية والعكس صحيح بالنسبة للحمض القوى . ومثال ذلك الفينول وهو حمض ضعيف جداً تكون pKa له = 10.0 بينما pKa لحمـــض الخليك الأقوى هو 4.76 والتفاعل التالى بين حمض الخليك والماء يعتبر مثالا للتوازن العام بين القواعد والأحماض .

$$CH_3COOH + H_2O \rightleftarrows H_3O^+ + CH_3COO^-$$

ويعتبر أيون الخلات CH_3COO^- هو القاعدة فى هذا الاتزان ويطلـــق على هذا الأيون أسم قاعدة base واعتباره محلول خلات الصوديوم فى المـاء وبتحلل الملح تماماً فإن أيون الخلات يتفـــاعل مـــع المـــاء وينتـــج أيـــون الهيدروكسيل .

$$CH_3COO^- + H_2O \rightleftarrows CH_3COOH + OH^-$$

ولما كان الناتج $K_w = [H_3O^+] [OH^-]$ دائماً ثابت فإن زيادة [OH] يعنى نقص $[H_3O^+]$ وزيادة درجة الحموضة pH ويصبح المحلول قلويا .

ودرجة الحموضة pH لمحلول تركيزة cmo1/l (حمض ضعيف فى الماء) يمكن حسابه من نظرية الاتزان الكيميائى .

$$pH = \frac{pKa - \log c}{2}$$

وpH حمض الخليك ذو تركيز 0.01 mo1/l يصبح :

$$pH = \frac{4.76 - \log 0.01}{2} = \frac{6.76}{2} = 3.38$$

(٣)القواعد الضعيفة

تتفاعل القاعدة مع الماء وتعطى أيونات الهيدروكسيل وبالتالى ينخفض أيونات الهيدرونيوم ويزداد الــ pH وتعتبر خلات الصوديوم مثال للقاعدة وكذلك الأمونيا وعند إذابة غاز الأمونيا فى الماء يتفاعل وينتج أيونات الأمونيوم والهيدروكسيل .

$$NH_3 + H_2O \rightleftharpoons NH_4^+ + OH^-$$

ويعتبر أيون الأمونيوم (NH_4^+) هو الحمض المصاحب للقاعدة (الأمونيا NH_3) وبإذابة ملح مثل كلوريد الأمونيوم فى الماء نجد أن أيون الأمونيوم يتفاعل مع الماء وينطلق أيون الهيدرونيوم وتعطى التفاعل

الحمضى التالى :

$$NH_4^+ + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + NH_3$$

وثوابت التحلل للقواعد (Ka^-) تكون :

$$Ka^- = \frac{[H_3O^+]\,[base]}{[acid]}$$

pKa^- للقواعد الصعيفة تكون منخفضة والعكس صحيح فالأنيلين يعتبر قاعدة ضعيفة جداً ذات $pKa^- = 4.6$ عند درجة 25°C بينما الأمونيـــا تعتـــبر قاعدة قوية ذات $pKa = 9.2$ ودرجة pH المحلول للقاعدة الضعيفة عند تركيز cmol/:

$$pH = \frac{pK_w + pKa^- + \log c}{2}$$

وبالتالى درجة pH محلول الأمونيا عند تركيز 0.01 mol/l تكون :

$$pH = \frac{14 + 9.2 + \log 0.01}{2} = \frac{21.2}{2} = 10.6$$

(٤)الأحماض عديدة القاعدية

بعض الأحماض الهامة تكون عديدة القاعدية بمعنى أنها تأين على أكثر من مرحلة معطية سلسلة من الاتزان فمثلاً اتزان حمض الكربونيك .

$$H_2O + H_2CO_3 \rightleftharpoons H_3O^+ + HCO_3^-$$

$$H_2O + HCO_3 \rightleftharpoons H_3O^+ + CO_3^{2-}$$

ويتكون حمض الكربونيك بذوبان ثانى أكسيد الكربون فى المــاء وأول مرحلة للتأين تعطى أيونــات البيكربونــات ذات pKa = 6.4 عنــد 25°C . والمرحلة الثانية تعطى أيونات الكربونات (حمض ضعيف جداً pKa = 10.3) ويتكون أيونات الكربونات فقط فى المحاليل القلوية ويعتــبر الاتــزان بيــن أيونات الكربونات والبيكربونات ذات أهمية خاصــة مــن ناحيــة ترسـب كربونات الكالسيوم والمغنسيوم فى المياه الطبيعية .

أيضاً حمض الفوسفوريك H_3PO_4 تتأين على ثلاث مراحل إلى $H_2PO_4^-$ ، HPO_4^{2-} ، PO_4^{3-} ، وقيم pKa لهم بالترتيب 2.1 ، 7.2 ، 12.7.

(٥)المحاليل المنظمة Buffer Solutions

تكون درجة الحموضة pH فى المحاليل المنظمة ثابتــة عنــد إضافــة كميات صغيرة من القاعدة أو الحمض . وتتركب المحــاليل المنظمــة مــن إضافة حمض إلى القاعدة المصاحبة Conjugate أو القاعدة إلـــى الحمــض المصاحب وخلطهم فى محلول . ويمكن الحصول على أقصى قوة تنظيميــة للمحلول وذلك بإضافة كميات متكافئة من الحمض والقاعدة وبالتالى يصبــح pH المحلول مساوى قيمة pKa للحمض أو pKa^- للقاعدة ومثال ذلك مخلـوط حمض الخليك وخلات الصوديوم .

$$pH = pKa + \log [base] / [acid]$$

ولما كان تركيز الخلات مساوى لتركيز حمض الخليك فإن :

$$pH = pKa + \log [\text{sodium acetate}] / [\text{acetic acid}]$$

$$pH = pKa = 4.76$$

والنوع الثانى من المحاليل المنظمة تتكون من قاعدة ضعيفة والحمض المصاحب مثال ذلك الأمونيا وكلوريد الأمونيوم .

$$pH = pKa^{-} + \log \left[[\text{ammonia}] / \text{ammonium chloride} \right]$$

عند تساوى التركيز

$$pH = pKa^{-} = 9.2$$

(٦) درجة حموضة محاليل الأملاح

تتفاعل أملاح الأحماض القوية مع القواعد القوية وتتأين تماماً وتذوب فى الماء لتعطى محاليل طبيعية . فأملاح القواعد القوية مع الحمض الضعيف مثل خلات الصوديوم تعطى محاليل ذات تفاعل قلوى فأيونات الخلات تتفاعل مع الماء لتعطى أيونات الهيدروكسيل :

$$CH_3COO^- + H_2O = CH_3COOH + OH^-$$

من الاتزان الخاص فإن درجة حموضة محلول ذو تركيز cmol/l للملح السابق يقدر كما يلى :

$$pH = \frac{pK_w + pKa + \log c}{2}$$

وعند تركيز خلات صوديوم 0.01 mol/l فإن :

$$pH = \frac{14 + 4.76 + \log 0.01}{2} = \frac{16.76}{2} = 8.38$$

أما فى حالة الملح الناتج من قاعدة ضعيفة مع حمض قوى مثل كلوريد الأمونيوم فإنه يعطى محلول حمضى وتتفاعل أيونات الأمونيوم مع الماء لتعطى أيونات الهيدرونيوم :

$$NH_4^+ + H_2O = NH_3 + H_3O^+$$

ويكون pH المحلول الملح بتركيز cmol/l :

$$pH = \frac{pKa^- - \log c}{2}$$

وإذا كان تركيز كلوريد الأمونيوم فى الماء 0.01 mol/l فإن :

$$pH = \frac{9.2 - \log 0.01}{2} = \frac{11.2}{2} = 5.6$$

(٧) الأملاح ضعيفة الذوبان

تتوقف ذائبية الأملاح شحيحة الذوبان فى الماء على حاصل الإذابة Ks . ويعرف حاصل الإذابة بأنه ناتج التركيز الجزيئ للأيونات من الملح والذى يظل ثابتا فى المحاليل التى فى حالة توازن مع المواد الصلبة غير الذائبة .
حاصل إذابة كربونات الكالسيوم فى الماء :

$$Ka = [Ca^{2+}] [CO_3^{2-}]$$

جميع المياة الطبيعية تحتوى على تركيزات متفاوتة من بيكربونات الكالسيوم $Ca(HCO_3)_2$. فإذا كان تفاعل الماء حمضى أو قلوى ضعيف يكون تركيز أيونات الكربونات (CO_3^{2-}) التى فى حالة توازن مع البيكربونات منخفضة جداً (pKa for $CO_3^{2-} = 10.3$) ومع ذلك فعند إضافة القلوى فإن الاتزان يتغير لصالح الكربونات وعندما يكون :

$$[Ca^{2+}] [CO_3^{2-}] = Ks$$

فإن كربونات الكالسيوم تبدأ فى الترسيب . وعموما فإن البيكربونات تعتبر غير ثابتة تحت ظروف الحرارة وتتحلل مع أنطلاق غاز ثانى أكسيد الكربون .

$$2\,HCO_3^- = CO_3^{2-} + H_2O + CO_2$$

وناتج حاصل الإذابة (Ks) لكربونات الكالسيوم عند $25°C$ هو 8×10^{-9} (cmo1/l$)^2$.

(٨)القواعد القوية

تتأين القواعد القوية مثل هيدروكسيدات الصوديوم والبوتاسيوم تماماً فى الماء وتقدر درجة حموضة (pH) المحلول الذى تركيزة cmo1/l فى الماء نتيجة للتأين التام كما يلى :

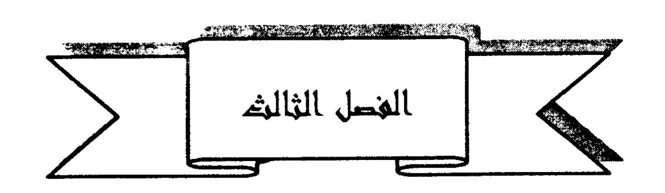
$$[OH^-] = c$$
$$[OH^-]\,[H_3O^+] = K_w$$
$$[H_3O^+] = K_w / c \ ، \ pH = -\log [H_3O^+]$$

لذلك فإن :

$$pH = -\log K_w + \log c$$
$$= pK_w + \log c$$

وبالتالى يصبح درجة pH محلول هيدروكسيد الصوديـــوم ذو تركـــيز 0.01 mol/l كما يلى :

$$pH = 14 + \log 0.01$$
$$= 12$$



تلوث الماء والمجتمع

- مصادر تلوث المياه
- أسباب التلوث
- أشكال أخرى لتلوث المياه
- أنواع تلوث الماء
- أقسام تلوث المياه
- التحكم فى تلوث الماء
- أهداف ومعايير جودة المياه
- التنمية المستدامه



تلوث الماء والمجتمع

يغطى الماء أكثر من 70% من سطح الكرة الأرضيـــة ويعتـــبر أهـــم المصادر الطبيعية على كوكب الأرض كما أنه ضرورى لكى تستمر وتزدهر الحياه على هذا الكوكب . وبالرغم من معرفة الإنسان بهذه الحقائق فلقد دأب الإنسان على تلويث مصادر المياه كالأنهار والبحار والمحيطات ولذلك فنحن نعمل بطريق مباشرة على هدم وإلحاق الضرر بهذا الكوكب الذى نعيش فيـــه والدليل على ذلك موت العديد من الكائنات الحيه بمعدلات غير مقبوله كما أن تلوث مياه الشرب يلحق أبلغ الضرر بالحياه البشرية على سطح هذا الكوكـب . ولذلك فيجب علينا جميعا منع تلوث المياه وذلك بفهم ما يعنيه هذا التلـــوث ومصادره وإيجاد الحلول لمنعه .

مصادر تلوث المياه

يعرف التلوث بوجه عام تبعا لما ذكر فى القاموس "جعل الشئ غـــير نظيف أو قذر" ويحدث تلوث المياه عندما يصل كثير من المواد المختلفة على المسطحات المائية وتصبح غير صالحة للأستخدامات المختلفة .

ويعرف تلوث المياه بأنه

" أى تغير فى صفات وخواص الماء من شأنه أن يؤثـر سـلباً علـى صحه ومعيشة ونشاط الإنسان أو الكائنـات الحيـه الأخـرى ذات الفـائدة للإنسان".

أى أن تلوث الماء يحدث نتيجة إدخال أى مادة غير مألوفة إلى المـاء وتؤدى هذه المادة عند وصولها لتركيز حرج (ملوثات) إلى نتائج ضارة على صحة الإنسان والكائنات الحية الأخرى ذات الفائدة للإنسان .

وتنقسم مصادر تلوث المياه إلى :

١- مصادر مباشرة (معلومة المصدر)

وهذه تنتج عندما تصل الملوثات إلى المياه مباشرة من مصدر معروف ويعتبر تلوث المياه بزيت البترول نتيجة غرق بعض ناقلات البترول مثـال حى لمصدر التلوث المباشر .

٢- مصادر غير مباشرة (غير معلومة المصدر)

يحدث تلوث المياه بطريقة غير مباشرة عن طريق التغـيرات التـى تحدث فى البيئة المحيطة بها ومثال ذلك تلوث المياه عن طريـق الأسـمدة

الحقلية التى تصل إلى مصادر المياه عن طريق الأمطار ومـــا يتبعـــه مـــن جريان سطحى وهذا التلوث يؤثر حتما علـــى الأســـماك والكائنـــات الحيـــه الأخرى والحقيقة أن التكنولوجيا الأن متوفرة لرصد وتنظيم وضبط التلـــوث الناجم عن المصادر المباشرة أما بالنسبة للمصادر غير المباشرة فإن التحكـم فيها يعتبر أكثر صعوبة علما بأن غالبية التلوث الذى يصيب المياه الســطحية ينشأ أساسا من المصادر غير المباشرة .

مصادر تلوث المياه

مصادر مباشرة

- موقع نظام تجميع المخلفات Septic System
- التسرب من أنابيب البترول
- تسرب الكيماويات الصناعية فى موقع الصناعة
- أماكن تجمع القمامة
- مخلفات مزارع الإنتاج الحيوانى والداجنى
- الكيماويات المستخدمة فى مصانع الأخشاب
- مخلفات مناجم تكرير البترول
- الأراضى التى تستخدم فيها الحمأة او مياه الصرف الصحى
- الآبار المستخدمة للتخلص من مخلفات السائلة
- الجريان السطحى للأملاح والكيماويات من الطرق
- أماكن إنتاج الأسفلت

مصادر غير مباشرة

- الأسمدة فى الأراضى الزراعية
- الأسمدة المستخدمة فى الزراعة والغابات
- الملوثات فى الأمطار والتساقطات الجافة فى الهواء

أسباب التلوث

ينشأ التلوث للعديد من الأسباب شاملة الأسمدة ومياه الصرف الصحى التى تحتوى على نترات وفوسفات . وعند زيادة تركيز هذه المغذيات فى

المياه فهى تعمل على تنشيط نمو النباتات البحرية والفطريات .وبالتالى فـــإن النمو الكثيف لهذه النباتات تعمل على غلق المجارى المائية كما أنها تســتهلك الأكسيجين الذائب عند تحللها وايضا تمنع وصول الضوء إلى أسفل . كل هذا بالتالى يضر بالكائنات البحرية لتأثير ذلك سلبا على مقدرة الأسماك والنباتات التى تعيش فى الماء على التنفس .

ويحدث التلوث أيضا عندما تصل حبيبات الرمل والسلت من الأراضى المحيطة إلى البحيرات والأنهار ويكون ذلك غالبا بصـــورة بطيئـــة وهــذه الترسيبات فى النهاية تؤدى إلى منع التنفس عن الأسماك وتحد من إنتاجيـــة الكائنات البحرية كما أن العمق نتيجة لهذه الترسيبات يقل بصورة كبيرة وكل هذه العوامل مجتمعة تسبب أكبر الضرر للأحياء البحرية .

والمواد العضوية التى تسبب تلوث المياه تنشأ أساســا مــن مخلفــات الصرف الصحى وأوراق النباتات والجريان الســطحى المحمــل بمخلفــات الحيوانات وتعمل البكتريا والبروتوزوا الطبيعية الموجودة فى المـــاء علـــى تحلل المواد العضوية وخلال هذه العملية يتم استهلاك الأكسيجين الذائب فـــى الماء مما يؤثر على حياه الكائنات البحرية التى لا تستطيع العيش فى المـــاء عندما يقل الأكسيجين الذائب فى الماء عن 5-2 جزء فـــى المليــون . وقلـــه الأكسيجين الذائب عن المستوى السابق ذكرة يؤدى إلى نفوق الأسماك بأعداد هائلة وهذا يؤثر بالطبع على الأمن الغذائى .

أما أنواع الكائنات الممرضة التى تلوث المجارى المائية فهى تـــؤدى

إلى كثير من الأمراض مثل التيفويد والدوسنتاريا وأمراض الجهاز التنفسـى وأمراض الجلد . وتشمل الكائنات الممرضة أنواع مختلفـة مـن البكتريـا والفيروسات والبورتوزوا وهذه الكائنات الممرضة تكون فى الغالب مصاحبة لمياه الصرف الصحى ومياه الجريان السطحى المحمل بمخلفـات الحيـوان اللتان تصلان إلى المجارى المائية .

أشكال أخرى لتلوث المياه

وهذه تشمل : – **التلوث البترولى**

- **التلوث بالمواد النشطة اشعاعيا**
- **التلوث الحرارى**

والتلوث البترولى غالبا ما يلوث المياه على شكل زيت البترول النـاتج من تسرب الزيت الخام إلى هذه المياه نتيجة حوادث غرق ناقلات البـترول بجوار السواحل . وأيضا عمليات الحفر والتنقيب فى مياه عن البترول تعتـبر من المسببات الأساسية للتلوث .ويقدر تسرب البترول بواقـع ١ طـن لكـل مليون طن يتم نقله ويقدر بحوالى 0.0001% .

وينتج والمواد الأشعاعية على شكل مخلفات محطات القوى النوويـة ومخلفات استخدام المواد المشعة فى الصناعة والطب والعلوم وأيضا مخلفات مناجم اليورانيوم والثوريوم .

تسرب الزيت فى المياه البحرية تعتبر مشكلة خطـيرة لأنـه عندمـا

يتسرب الزيت إلى مياه البحر يصبح من الصعب إزالته أو احتوائة كما أنـــه ينتشر بسرعة كبيرة ولأن الماء لا يمتزج مع زيت البترول فإن الزيت يطفـو على السطح ويمتد إلى مسافة كبيرة بمحاذاة الشواطئ ومحاولة معالجة هـــذا التسرب بالوسائل الكيميائية يمكن أن تؤثر سلبا على النظام البيئى البحـــرى وأيضا على الشواطئ .

أنواع تلوث الماء

١- تلوث بالمواد السامة

ويحدث عندما تصل المواد الكيميائية السامة إلى البيئة المائية ومثـــال ذلك المبيدات الكيميائية والمركبات الصناعية .

٢- تلوث بالمواد العضوية

ويحدث التلوث العضوى نتيجة التخلص من المواد العضوية بكميـــات كبيرة فى البيئة المائية ومثال ذلك التخلص من مياه الصرف الصحـــى فـــى البحار .زيادة المادة العضوية فى البيئة المائية يؤدى إلى زيادة كبـــيرة فـــى أعداد الكائنات المحللة التى تستهلك مقدار كبيرا من الأكسيجين الذائب فالمـاء مما يؤدى إلى نقص مستوى الأكسيجين فى الماء الذى بدوره قد يؤدى إلـــى قتل الأحياء البحرية . ويموت الأحياء البحرية تعمل بكتريـــا التحلـــل علـــى تحللها مما يؤدى على انخفاض كبير فى كمية الأكسيجين الذائب فى الماء .

أيضا يمكن للتلوث العضوى أن يحدث فى البيئة المائية عندمـــا يزيـــد تركيز الفوسفور والنيتروجين فيها حيث أن إرتفاع تركيز هذين العنصريـــن يؤديان إلى تخصيب الماء وهذا بدوره يؤدى إلـــى زيـــادة نمـــو الطحـــالب والنباتات المائية ويموت هذه الطحالب والنباتات تقوم بكتريا التحلل بتحللـــها واستهلاك كميات كبيرة من الأكسيجين الذائب فى الماء فى عملية التحلل مما ينتج عن ذلك نقص كبير فى مستوى الأكسيجين الذائب فى الماء ويطلق على عملية زيادة أعداد النباتات والطحالب فى الماء وما يتبعها من زيادة نشـــاط الكائنات المحلله وبالتالى انخفاض مستوى الأكسيجين بعملية تخصيب المـــاء eutrophication .

٣- التلوث الحرارى Thermal pollution

يحدث التلوث الحرارى عند استخدام المياه كمبرد فـــى المشـــروعات الصناعية وإعادة هذه المياه ثانية إلى البيئة البحرية ولكـــن بعـــد إكتســـابها درجات حرارة أعلى من حرارة البيئة المائية .ويؤدى التلوث الحرارى إلـــى نقص فى مستوى الأكسيجين الذائب فى الماء وايضا زيادة إحتياج الكائنـــات البحرية إلى الأكسيجين .

٤- التلوث البيئى Ecological pollution

ويحدث التلوث البيئى نتيجة حدوث تلوث عضوى أو تلوث حرارى أو تلوث بالمواد السامة طبيعيا وليس عن طريق النشاط الإنسانى ومثـــال ذلـــك

زيادة معدل الترسيب فى المجارى المائية مما ينتج عنه زيادة نسبة الرسوبيات فى مياه الجريان السطحى . أيضا موت اعداد كبيرة من الحيوانات طبيعيا ووصولها إلى المجارى المائية يمكن أن يؤدى إلى تلوث بيئى .

أقسام تلوث المياه

يمكن تقسيم المصادر الرئيسية لتلوث المياه إلى :-

١- مصادر الصرف الصحى
٢- مصادر صناعية
٣- مصادر زراعية

١- مصادر الصرف الصحى

وهذه تشمل مخلفات المياه المستخدمة فى المنازل والمناطق التجارية ويعتبر الهدف الأساسى من معالجة مياه الصرف هو ببساطة خفض محتوى هذه المياه من المواد الصلبة المعلقة والمواد المستهلكة للأكسجين والمركبات غير العضوية الذائبة (خاصة مركبات النيتروجين والفوسفور) وأيضا الأنواع المختلفة من الطفيليات الممرضه وحديثا تم التركيز على تطوير وتحسين وسائل التخلص من البقايا الصلبة الناتجة من عمليات معالجة مياه الصرف حيث تتكلف هذه العملية حوالى 50% من التكلفة الكلية لمعالجة مياه الصرف.

٢- مصادر صناعية

تختلف خواص مياه الصرف الصناعى إختلافا كبيرا تبعا لنوع الصناعة ويتوقف تأثير مياه الصرف الصناعى على خواصها التجميعية وكذلك على كمية المواد الصلبة المعلقة والأكسيجين الحيوى المستهلك ومحتوى هذه المياه من المواد العضوية والغير عضوية .ويمكن التحكم فى نوعية مياه الصرف الصناعى وذلك بمعالجتها فى موقع المشروع الصناعى قبل صرفها إلى محطات معالجة المياه أو معالجتها فى موقع المشروع وإعادة استخدامها فى الصناعه ثانية أو معالجتها فى موقع المشروع وصرفها فى المجارى المائية مباشرة .

٣- مصادر زراعية

وتشمل مخلفات مزارع الإنتاج الحيوانى والداجنى والتى تعد المصدر الرئيسى للعديد من ملوثات الماء العضوية وغير العضوية . وهذه الملوثات تشمل الترسيبات الناتجة من الإنجراف السطحى للأراضى المروية وأيضا مركبات الفوسفور والنيتروجين الناتجة من مخلفات الحيوانات والدواجن والأسمدة الكيماوية وتعتبر المخلفات الحيوانية غنية بالمواد ذات المحتوى الأكسيجينى المستهلك العالى والنيتروجين والفوسفور وايضا الكائنات الممرضة ولأن التخلص من المخلفات العضوية يتم عن طريق إلقاءها فى الأراضى فإن خطر وصولها إلى المياه يكون عن طريق الجريان السطحى والغسيل . لذلك يجب علينا التحكم فى هذه المخلفات ومنع وصولها إلى

مصادر المياه وذلك عن طريق معالجتها معالجة بيولوجيـــة محـــدودة فـــى بحيرات الأكسدة وبعض الطرق الأخرى .

تصنيف ملوثات الماء

تصنف ملوثات الماء إلى مايلى:

١- مواد بيولوجية مسببة للأمراض (بكتريا ، فيروسات ، طفيليات) .

٢- مخلفات ذات أكسيجين مستهلك حيوى عالى (مواد عضوية) .

٣- كيماويات غير عضوية ذائبة فى الماء (أملاح، أحمـــاض، أيونـــات معدنية) .

٤- مغذيات غير عضوية (فوسفات ، نيتروجين) .

٥- كيماويات عضوية (مبيدات ،مذيبات ،منظفات ،زيوت ودهون ،تـــم التعرف على حوالى 700 مركبا عضـــوى صنـــاعى فـــى الميـــاه الطبيعية).

٦- مواد صلبة معلقة (تربة ، مواد غير ذائبة) .

٧- نظائر مشعه .

٨- حرارة [التبريد الصناعى والســـكنى (الأكســيجين يــتراوح بيــن 4-9 ppm علما بأن ذائبية الأكسيجين تعتمد على درجة الحرارة)] .

٩- مختلطة: مصدر واحد يمكن أن يحتوى على العديد من ملوثات الماء فمثلا محطة معالجة مياه الصرف الصحى يمكن أن تحتــوى علــى الملوثات من (1-8) .

ملوثات المياه Water Pollutants

<u>غير مقاومة للتحلل</u>

- مياه الصرف الصحى .
- الأسمدة .
- بعض مخلفات الصناعة .

وهذه المركبات يمكن تكسيرها وتحللها بواسطة التفاعلات الكيميائيـــة أو البكتريا الطبيعية إلى مواد بسيطة غير ملوثة مثل ثاني أكسيد الكربـــون والنيتروجين . وهذه العملية يمكــن أن تــؤدى إلـــى خفــض مســتوى الأكسيجين وإلى زيادة مستوى العناصر الغذائية في المجـــرى المـــائي (eutrophication) وإذا كانت الكميات الملقاة في مجرى النهر غير كبـــيرة فإن الضرر في هذه الحالة يمكن التغلب عليه .

<u>مقاومة للتحلل</u>

- بعض المبيدات (مثال DDT ، dieldrin) .
- بعض المخلفات الصناعية ومخلفات الصرف الصحى .

- البترول ومشتقاته .
- Polyaromatic hydrocarbons ، PAHs , dioxins, PCBs
- المــواد المشــعة مثــــل Strontium-90 ، Cesium-137 ، radium-226 واليورانيوم .
- بعض العناصر مثل Lead ، الزئبق والكالسيوم .

وتلوث المياه بهذه المواد صعبة التحلل يضمن بقاء هذه المواد فى مجارى المياه لفترات طويلة جدا مما يسبب ضررا كبيرا لا يمكن إصلاحــــه وأن أمكن فيكون ذلك بعد عقود طويلة من السنين .

أخــرى

- الماء الساخن من أبراج التبريد (التلوث الحرارى) .
- القمامة .
- Foam .

والأمثلة السابقة في الواقع لا تمثل تلوثا كيميائيا بل تلوثا فيزيائيا physical pollution والذي يؤثر في الواقع في استخدام الماء أو الإقبال عليه وفـــى بعض الأحيان يؤدى التلوث الحراري إلى قتل الأسماك .

نوعية تلوث الماء

١- تلوث عكسى:

يمكن للمياه بعد تلوثها أن تستعيد نقاءها فى كثير من الحالات تحـــت الظروف التالية :

أ – كمية الملوثات محدودة

ب– حدوث التلوث فى مدى زمنى قصير

ج – تاثير التلوث على النظام البيئى محدود مما يجعل النظام قـــادرا علـــى إستعادة عافيته .

د – النظام البيئى المائى لديه القدرة والإمكانية على مجابهة التلوث بمعنـــى إحتواءه على أنواع معينة من البكتريا لها القدرة على تحلل الجزيئـــات العضوية .

٢- تلوث غير عكسى

وهو تلوث المياه الطبيعية بشدة لدرجة لا يمكن لهذه المياه أن تســتعيد نقاءها بذاتها .

ويحدث تحت الظروف التالية :

١- عدم وجود آليه طبيعية للتخلص من الملوثات مثل التلوث بالنظـــائر المشعة.

٢- تلوث المياه بدرجة كبيرة تفوق قدرتها الإستيعابية .

٣- تاثير الملوثات سريع ولحظى .

٤- تأثير الملوثات على التوازن الطبيعى يكون على المدى الطويل مثل تلوث مصادر المياه الجوفية بزيت البترول .

كيف يمكن للماء أن ينظف ذاته تلقائيا ؟

يتم تنقية الماء ذاتيا بواسطة الفعل الطبيعي للكائنات الحية فيه . فالطاقة المكتسبة من أشعة الشمس تعمل على تنشيط عمليات التمثيل الضوئي في النباتات البحرية التي تؤدى إلى إنتاج الأكسجين الذي يعمل على تكسير وتحلل بعض المواد العضوية مثل مخلفات النبات والحيوان . وهذا التحلل ينتج عنه ثاني أكسيد الكربون وبعض العناصر الغذائية والمواد الأخرى التي تحتاجها النباتات والحيوانات التي تعيش في الماء . ودورة التنقية هذه تستمر عند موت هذه الكائنات الحية وتبدأ البكتريا في تحللها وبالتالي تمد الجيل الجديد النامي باحتياجاته ولسوء الحظ يوجد الكثير من المواد السامة التي تتأثر ببطء أو لا تتأثر على الإطلاق بعمليات التحلل . وهذه المواد هي التي يطلق عليها بالمواد المقاومة للتحلل والتي تؤدى بدرجة كبيرة إلى تلوث الماء وبالتالي البيئة .

التحكم فى تلوث المياه Controlling Water Pollution

نظرا للدور الحيوي الهام الذي يلعبه الماء على الأرض فإن جودة المياه تعتبر مصدرا غاية في الأهمية حيث غالبا ما تكون النوعية أهم بكثير من كمية المياه لأن النوعية هي آلتي تحدد كيفية وطريقة استخدامه . ونتيجة الزيادة المطردة في أعداد السكان والنشاط الصناعي المكثف وتطور اكتشاف

المواد الكيميائية واستخداماتها فإن البيئة المائية أصبحت بحق في خطر وأصبحت العمليات الطبيعية التي تعمل على تحلل الملوثات في المياه العذبة غير قادرة على تحلل هذا الكم الهائل من الملوثات . لذلك فإن التخلص من مياه الصرف الصحي والصناعي في البحار والأنهار هو أمر غير مقبول على الإطلاق والتحكم في التلوث يتوقف على :

- نوع الملوث .

– هل هو قابل للتحلل ؟ مقاوما للتحلل ؟ معدن ؟ مبيد ؟ PCB? dioxin .

- **المصدر .**

زراعي – صناعي – الجو .

- **التأثير .**

– هل هو ضار بالأسماك ، الطيور ، النباتات ، الإنسان .

– النمو السريع للنباتات المائية Eutrophication

– زيادة كبيرة فى زمن قصير

يتم تنشيط نمو النباتات المائية بدرجة كبيرة نتيجة للزيادة فى تركيز العناصر الغذائية الأساسية مثل الفوسفور والنيتروجين في مياه المجارى المائية وهو ما يطلق عليها التخصيب eutrophication والذي يعد عملية طبيعية تعمل خلال العصور الجيولوجية على تحول البحيرة بمرور الزمن إلى

أراضى . هذه العملية يتم إسراعها بدرجة كبيرة نتيجة زيادة تركيز الفوسفور والنتروجين في مياه البحيرة (من التسميد مثلا) مما يؤدى بالتالي إلـــى نمـــو رهيب للنباتات وهذا بدوره يعمل على استهلاك الأكسجين الموجــــودة فـــي البحيرة مما يؤدى في النهاية إلى اختناق الأسماك وموتها وكذلـــك تنخفـــض أعداده وكفاءة ونشاط البكتريا بدرجة كبيرة وعند خفض تركـــيز الفوســـفور والنتروجين فإن النظام يمكن أن يستعيد عافيته مرة أخرى .

ومثال ذلك بحيرة Erie التي عانت من التلوث في عام 1960 ممـــا أدى إلى موت الأسماك فيها وغمرت الطحالب النامية والمتحللة الشواطئ لدرجـــة استخدام البلدزورات للتخلص منها والسبب الرئيسي في ذلـــك كـــان تلـــوث البحيرة بالفوسفور الناتج من المنظفات الصناعية المستخدمة في المنـــــازل . ولذلك تم إصدار قانون يحدد نسبة الفوسفور فى هذه المنظفات بحيث لا يزيد عن 15% مما كان يستخدم سابقا ولقد اســـتعادت بحـــيرة إيـــري عافيتـــها وأصبحت مثالا جيدا للمياه النظيفة .

أهداف ومعايير جودة المياه Water quality objectives and guidelines

يتم تقدير معايير جودة المياه guidelines علميا عن طريق تحديد تركيز المواد المسموح بها في المياه تبعا لاستخدامها سواء للشـــرب أو الاســـتحمام وهذه المعايير تعتبر صمام الأمان لحماية البيئة .

أما أهداف جودة المياه objectives فهي تحدد تركيز المواد المسموح بها لكل الاستخدامات فى موقع معين مثل بحيرة أو نهر والأهداف تعتمد تماما على معايير جودة المياه للاستخدام المعين عند هذا الموقع وكذلك على الاعتبارات الاجتماعية والاقتصادية .

Regulations

الحل الأمثل للحفاظ على جودة المياه هو أن نمنع جميع الملوثات من الوصول إلى المصادر المائية . ولكن في بعض الظروف يمكن أن يسمح لتركيزات منخفضة من بعض المواد بالتواجد ولذلك يجب أن يكون لدينا قوانين تحدد المواد والتركيزات المسموح بتواجدها في البئية وبالذات المصادر المائية ولعمل ذلك يوجد مجموعة من الأسئلة يجب أن توجه قبل أن تسن هذه القوانين وتشمل :

- ما هى مصادر وكميات وتأثير المواد المختلفة ؟
- ماذا يحدث لهذه المواد عند دخولها الماء ؟ هل تتغير ؟ وإلى ماذا؟
- ما هو الناتج النهائي لهذه المواد عند تحللها ؟
- هل يمكن منع هذه المواد من دخول المصادر المائية أو التخلص منها عن طريق المعالجة ؟

ومثال ذلك هو ما تم ذكرة سابقا عن تحديد تركيز عنصر الفوسفور الواجب تواجده فى المنظفات والواقع أن هيئة حماية البيئة الأمريكية (EPA) والهيئة الكندية (CEPA) قامتا بعمل كثير من القوانين الخاصة بحماية البيئة

من التلوث .

إفـــعل ولا تفـــعل !

فى ظل التحديات الخطيرة التي تواجه البيئية فإن كل جهد يبذل سواء من الأفراد أو الهيئات سوف يؤدى إلى تحسين جـــودة الميـــاه علـــى وجـــه الخصوص والبيئة بصفة عامة ويمكنك البدء بنفسك أولا بإتباع ما يلـــي :

تجنب شراء المنتجات الخطرة بيئيا فى منزلك

جميع الكيماويات التي تستخدم في المنزل تعتبر صديقـــة للبيئـــة إذا مـــا أحسن استخدامها تبعا للتعليمات المدونة عليها ولكن هذه المـــواد ســـوف تصبح خطر على البيئة عند استخدامها بكميات كبيرة أو بطريقة خاطئة . ولذلك عليك إتباع التالي :

- افحص الملصق على العبوة لتتبين مدى خطورة هذا المنتج وأقـــرأه بعناية لتتعلـــم كيفيـــة اســـتخدام هـــذا المنتـــج بأمـــان ومـــا هـــي الاحتياطات الواجب اتخاذها عند الاستخدام .
- اشتر المنتجات الخطرة بيئيا التي تحتاجها ولكن فقط بالكميات التـــي سوف تستخدمها فعلا حتى لا تضطر إلى التخلص من الكمية التي لم تستخدم .
- اشتر فقط المنتجات صديقة البيئة من المتجر وعادة المنتجات صديقة البيئة تعمل على تعظيم الاستفادة منها وإعادة استخدامها.

لا تسئ استخدام نظام الصرف الصحى

- لا تلقى المخلفات في نظام الصرف . فكثير من المنتجات السامة التي تستخدم في المنزل تعمل على تدهور البيئة وتعود لنا ثانية من خلال الماء والغذاء .
- تخلص من الأشياء الورقية والبلاستيكية وذلك بإلقائها في القمامة وليس بالمرحاض فهذه الأشياء تسبب مشاكل كبيرة عند معالجة ميله الصرف الصحي .
- استخدم بالكامل جميع المنظفات الخاص بالأحواض والمراحيض والسجاد وتلميع المعادن ومزيلي الصباغة والمذيبات وأغلب المنتجات الحمضية والقلوية .
- لا تتخلص من العبوات المستخدمة لحفظ المأكولات عن طريق الصرف .
- استخدام البويات المائية وليس البويات الزيتية .

لا تستخدم المبيدات الحشرية أو المواد الخطرة فى حديقتك

- قاوم الحشرات والحشائش باستخدام طرق بديلة مثل :

١) التخلص من الحشائش يدويا .

٢) التخلص من الأوراق المصابة .

٣) قاوم الحشرات باستخدام المطهرات الحشرية أو استخدام الماء .

٤) استخدام مصا ئد النمل والحشرات بدلا من المواد الكيماوية.

٥) استخدم مضادات الحشرات الطبيعية مثل diatomaceous earth

والتي هي متوفرة في كثير من المراكز .

٦) استخدم الأسمدة الطبيعية .

- لا تلقى المنتجات الخطرة في بالوعات الشوارع .
- لا تلقى الزيت ، الدهانات ، المذيبات في بالوعات الشوارع .
- اتصل بالمسئول عن التخلص من المواد الخطرة في المحافظة .
- دائما تذكر جودة المياه في جميع الأحوال .
- القوارب ذات الموتور يمكن أن يتسرب منها الجازولين إلى المياه ولذلك عليك التأكد من أن الموتور في حالة جيدة قبل الإبحار .
- عند القيام بنزهة خلوية دائما تخلص من المخلفات القابلة للتحلل وذلك بدفنها بعيدا عن مصادر المياه بحوالي 60 مترا على الأقل .

و أكثر من ذلك

- اقرأ دائما عن البيئة ومشكلاتها .
- التحق بالجمعيات التي تعمل على حل المشكلات البيئية .
- قاطع المنتجات غير الصديقة للبيئة .
- توجيه وتعليم أبنائك كيفية المحافظة على البيئة .

التنمية المستدامه Sustainable development

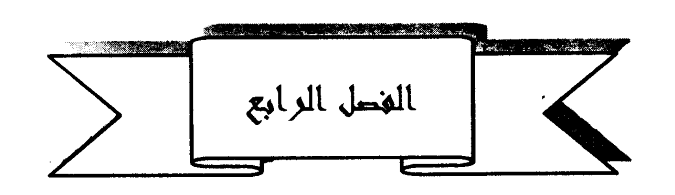
بدخولنا القرن الحادي والعشرين نجد أنفسنا عند نقطة حرجة حيث يوجد لدينا عدد قليل جدا من السنوات لإصلاح ما أفسدناه في البيئة ولإعادة مصادر المياه إلى النقطة التي تصبح عندها هذه المصادر قادرة على صيانة نفسها طبيعيا بدون أي تدخل من الإنسان .

ويجب الآن علينا أن نفكر في التنمية المستدامه وذلك باستخدام وإدارة مصادرنا والبيئة بطريقة تحفظ وتحافظ على البيئة إلى سنوات كثيرة قادمة .

وعلى كل منا أن يؤدى واجبه فى موقعه تجاه البيئة وهذا يشمل الحكومة ، رجال الصناعة ، رجال الزراعة ، العامة ، المنظمات غير الحكومية ، الأفراد في المدرسة والجامعة ومكان العمل وأماكن الترفيه ولقد حان الوقت لإعادة تقييم عاداتنا وطرق المعيشة وتغييرها لتصبح أكثر مراعاة للبيئة وصحة البيئة وهذا يشمل تغير عادات استخدام المياه بطريقة تسمح للمصادر المائية بتجديد نفسها طبيعيا بأن تكون ذات جودة عالية .

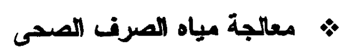
يجب على كل فرد منا أن لا يألوا جهدا للحفاظ على البيئة ليس من أجل صحته وصحة أبناءه ولكن أيضا من أجل الأجيال القادمة ومن أجل جميع الكائنات الحية التي تشاركنا العيش على هذا الكوكب .



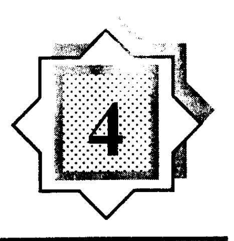


حماية الماء من التلوث

- ❖ خواص مياه الصرف الصحى
- ❖ الصفات الهامة لمياه الصرف المستخدمة فى الزراعة
- ❖ معالجة مياه الصرف الصحى
- ❖ طرق المعالجة المتقدمة







حماية الماء من التلوث

لحماية المصادر المائية من التلوث لابد من إزالة الملوثات من الميـــاه السابق إستخدامها (مياه الصرف الصحى والصناعى) قبل صب هذه الميـــاه فى المجارى المائية . ففى المدن يتم تجميع مياه الصـــرف الصحـــى مـــن المنازل والمصانع والمؤسسات التجارية بواسطة أنابيب توضع تحت ســطح الأرض لتصب فى النهاية فى محطات مركزية لمعالجة المياه وغالبا ما تكون هذه المحطات قريبة من مصادر المياه حتى يتم ضخ مياه الصرف المعالجــة فيها بسهوله .

وفى الولايات المتحدة الامريكية لابد لجميع محطـات المعالجـة مـن الحصول على تصريح بمعالجة المياه من الحكومة الإتحادية موضحـا فيـه الحدود المسموح به من الملوثات فى مياه الصـرف بعـد المعالجـة. أمـا الصناعات التى تقع بعيدا وغير متصلة بنظام الصرف الصحـى فيجـب أن يكون لها نظام لمعالجة المياه الخاصه بها قبل أن يسمح بضخها فى المصادر المائية وفى بعض الأحيان تلزم الحكومة الأمريكية بعض الصناعات بـإجراء

معالجة أوليه للمياه المستخدمه قبل ضخها فى نظام الصرف الصحى وذلـــك حفاظ على صحة العاملين فى صيانة نظام الصرف الصحى .

فى المناطق الريفية التى يوجد بها نظام الصرف الصحى فيطلب مـــن المنازل المنعزلة عمل نظام خاص بها لإستقبال الملوثـــات septic system . والنظام الشائع يتكون من صهريج مدفون فى الأرض يتصل بأنابيب مثقوبـة موضوعة وسط طيفه من الحصى تعمل على توزيع المياه المســتخدمة فـــى التربة أما إذا كانت المنازل عددها كبير ومجمعه فى مكان واحد فيلزم عمــل نظام معالجة خاص بهذه المنازل جميعها .

المدن الكبيرة يوجد بها بالإضافة إلى نظام الصرف الصحى خطـــوط أنابيب لتجميع مياه الأمطار وذلك لحماية المدينـــة مـــن الفيضانـــات وهــذه الأنابيب غالبا ما تصب مباشرة فى المجارى المائيـــة بـــدون أى معالجـــة . ولذلك فإن مياه الجريان السطحى الناتجة من الأمطار غالبا ما تكون محملـــه بالملوثات الناتجة من الشوارع والحدائق وتشمل زيوت السيارات وما تحتويه من معادن سامة ومركبات عضوية ومبيدات وأسمدة من الحدائق وطفيليـــات من مخلفات الحيوانات . ولذلك فأنابيب الأمطار غير المتصله بنظام الصرف الصحى يمكن أن تمثل مشكله تلوث كبيرة للمجارى المائية. وفـــى بعــض المدن التى لا يوجد بها نظام أنابيب أمطار منفصلة ولكنها متصلــــه بنظـــام الصرف الصحى يحدث فيضان لمياه الصرف الصحى فى محطات المعالجـة وذلك نتيجة لاستقبالها كميات هائلة من مياه الأمطار مما يؤدى إلى تلوث

مجارى المياه بمياه الصرف الصحى قبل الإنتهاء من معالجتها .

خواص مياه الصرف الصحى

ويوضح جدول رقم (4-1) خواص مياه الصرف الصحى غير المعالجة وحدودها.

يلاحظ من الجدول الاختلافات المتباينة فى خواص مياه الصرف الصحى وهذا يرجع إلى :

١- عدد السكان وتوزيع المنشآت الصناعية فى المنطقة .

لوحظ أن زيادة عدد السكان فى المنطقة يتبعها بالضرورة زيادة المنشآت الصناعية وهذا بالضرورة يؤدى إلى زيادة مستويات التلوث لمياه الصرف الصحى عدة مرات . ولذلك فإن معالجة مخلفات الصناعة قبل التخلص منها فى مياه الصرف الصحى أمر واجب مراعاته.

٢- محطات تجميع مياه الصرف الصحى :

يوجد فى بعض المدن القديمة محطات تجميع مياه الصرف الصحى من المحطات الفرعية الأمر الذى يؤدى إلى زيادة المواد الصلبة المعلقة .

ويوضح الجدول السابق الخواص التالية :

المواد الصلبة :

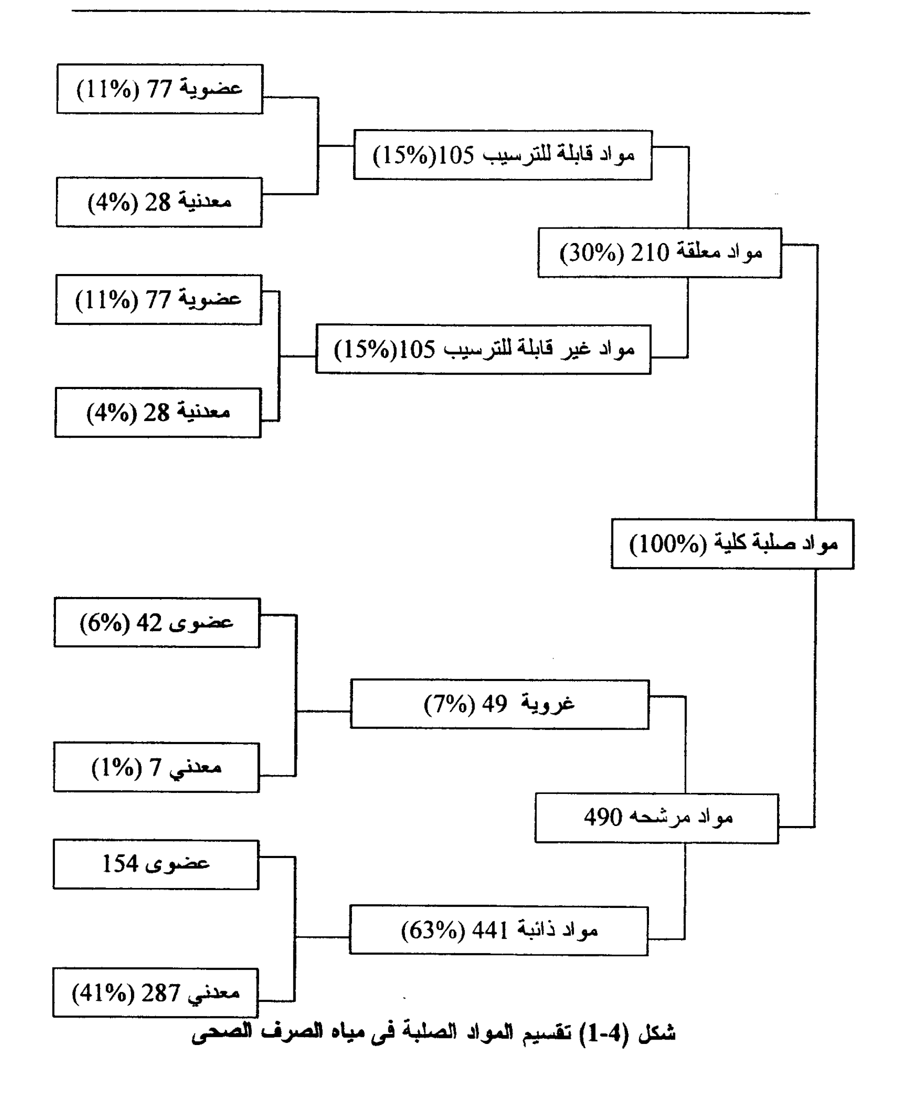
المواد الصلبة هى تلك التى تمر خلال المعالجة الابتدائية وتنقسم إلى مواد معلقة ومواد مرشحة . ويوضح الشكل رقم (4-1) العلاقة بين هذه المواد حيث يكن تقسيم هذه المواد إلى مواد عضوية ومواد معدنية وبيان النسبة المئوية لكل منها .

المواد العضوية :

تمثل حوالى ٥٠% من المواد الصلبة الكلية وتشمل مخلفات الإنسان العضوية والمنظفات والفينولات وكميات صغيرة من المبيدات ويوجد العديد من الطرق التى تستخدم لتقدير المحتوى العضوى لمياه الصرف الصحى (شكل 4-1) ويعتبر الأكسجين الحيوى المستهلك أحد المقاييس الهامة التى يجب معرفتها حيث يقدر الأكسجين المستخدم بواسطة الميكروبات لتحلل المواد العضوية فى فترة خمسة أيام .

جدول (4-1) : خواص مياه الصرف الصحى غير المعالجة (مجم /لتر) .

الخاصية	قوى	متوسط	ضعيف
الخواص الفيزيائية			
اللون	رمادى	رمادى	رمادى
درجة الحرارة (°F)	55-90	55-90	55-90
المواد الصلبة الكلية	1200	700	350
المواد الصلبة المعلقة	350	200	100
المواد الثابتة	75	50	30
المواد المتطايرة	275	150	70
المواد الصلبة المرشحة			
ثابتة	525	300	145
متطايرة	325	200	105
الخواص البيولوجية			
البكتريا الكلية(MPN/100ml)	100×10^6	30×10^6	1×10^6
الفيروس (Pfu/l)	7000	–	200
الخواص الكيميائية			
pH	8.0	7.5	6.5
النتروجين الكلى	60	40	15
النتروجين العضوى	19	15	5
أمونيا	40	25	10
نترات	1.0	0.5	-
الفوسفور الكلى	20	10	6
العضوى	5	3	2
غير العضوى	15	7	4
BOD	300	200	100
COD	1000	500	250
TOC	300	200	100
كلوريد	100	50	30
العناصر السامه			
كادميوم			0.007-0.014
كروم			0.008-0.09
نحاس			0.12-0.21
رصاص			0.075-0.12
نيكل			0.014-0.09
زنك			0.200-0.25



شكل (4-1) تقسيم المواد الصلبة فى مياه الصرف الصحى

جدول (2-4) : الصفات الهامة لمياه الصرف الصحى المستخدمة فى الزراعة .

المواد الصلبة	**المواد السامة (عضوية)**
عضوية	
معدنية	
المغذيات	**الهيدروكربونات الكلورة**
النتروجين	اندرين [a] (0.0002 mg/l)
أمونيا	لندان [a] (0.004 mg/l)
نترات	توكسافين [a] (0.005 mg/l)
الفوسفور	
المواد السامة Pathogens	
الفيروسات	
بكتريا	
بروتوزوا	
هيلمنز	
المواد السامة (غير عضوية)	
الزرنيخ [a] (0.05 mg/l)	
باريوم [a] (1 mg/l)	
بورون [b]	
كروم [a] (0.05 mg/l)	
كادميوم [a,b] (0.010 mg/l)	
نحاس [b]	
رصاص [a,b] (0.05 mg/l)	
منجنيز	
زئبق [a] (0.002 mg/l)	
نيكل [b]	
نترات [a] (60 mg N/l)	
سيلنيوم [a,b] (0.01 mg/l)	
فضه (0.05 mg/l)	
فاناديوم	
زنك	

a) محتوى الماء الجوفى فى المناطق التى يستخدم فيها مياه الصرف الصحى .

b) تسبب سمية للنبات عند استخدام الحمأة بكميات كبيرة لمدة طويلة .

أما اختيار الأكسجين الكيميائى المستهلك (COD) فيقدر المادة العضوية المؤكسدة بواسطة مؤكسد كيميائى قوى والنتيجة يتم الحصول عليها فى خلال ساعات . أما بقية الاختبارات الأخرى مثل الأكسجين الكلى المستهلك (TOD) والكربون العضوى النظرى (Th OC) فهى جميعها طرق معملية الهدف منها تقدير الكمية الكلية للمادة العضوية .

المعادن :

الجزء المعدنى فى المادة الصلبة الكلية يتكون أساسا من أملاح ذائبة يطلق عليها الأملاح الكلية الذائبة (TDS) . وهذه تعد مهمة للغاية وذلك لتأثيرها على المياه الجوفية ومياه الشرب .

لذلك يجب مراقبة هذا المحتوى وخاصة فى المناطق الجافة حتى لا تتجمع الأملاح فى أراضيها فاستمرار استخدام مياه تحتوى على معدلات عالية من الأملاح الذائبة سوف يؤدى إلى تجمع الأملاح فى القطاع الأرضى وخاصة فى المناطق التى فيها معدلات نتح عاليه وهذا يمكن تلافيه باستخدام معدلات غسيل عالية .

المغذيات :

يعتبر كلا من الفوسفور والنتروجين من أهم العناصر التى تتواجد فى مياه الصرف الصحى والتى يمكن الأستفادة بها فى زيادة الإنتاج الزراعى .

ومع ذلك فإن زيادة هذه العناصر عن حاجة النبات قد تؤدى إلى غسيل هـــذه العناصر فى القطاع الأرض مما يؤدى إلى تلوث المياه السطحية والجوفيـــة ويعتبر عنصر النتروجين من أهم العناصر التى تحد مـــن أســتخدام ميـــاه الصرف فى الزراعة خشية التلوث ولذلك فإن مساحة التربة التى سيتم إضافة مياه الصرف الصحى إليها تتوقف بدرجة كبيرة على محتوى هذه المياه مـــن النتروجين .

النيتروجين :

يتواجد النيتروجين فى مياه الصرف الصحى فـــى صـــورة أمونيـــوم (NH_4^-) ونيتروجين عضوى ($N\text{-}org$ or $R\text{-}NH_2$) ونترات (NO_3) (جـــدول رقم 4-1) . لذلك يجب تقدير هذه الصور الثلاث عند استخدام مياه الصـــرف الصحى فى الزراعة . ويعتبر الأمونيـــوم والنيـــتروجين العضـــوى همـــا الصورتين الأساسيتين اللتان تتواجدا فى الحمأة . أما النترات فيزيد بدرجـــة ملحوظة فى المياه المعالجة ثانويا ويخشى من انتقاله خلال القطاع الأرضـــى وتلوث المياه الجوفية . عند إضافة كميات متزايدة من مياه الصرف الصحـــى المحتوية على معدلات عالية من النيتروجين .

الفوسفور :

يتواجد الفوسفور فى مياه الصرف الصحى أساسا علـــى صـــورة غـــير

عضوية (فوسفات) وبوجه عام فإن التربة لها مقدرة كبيرة على امتصـــــاص كميات كبيرة من هذا العنصر . ولذلك فإن محتوى مياه الصرف الصحى من الفوسفور نادرا ما يكون هو العامل المحدد لإضافة مياه الصرف الصحى إلى الأراضى .

وإخراج الفرد من الفوسفور فى العام يعادل 0.55kg فوسفور بالإضافة إلى حوالى 1.050 كجم فوسفور نتيجة استخدامه أنواع المنظفـــات المختلفــة وبذلك تصبح مساهمة الفرد فى فوسفور مياه الصرف الصحى تعادل حوالـــى 1.600كجم فوسفور فى العام . ويوضـــح الجـــدول رقـــم (4-1) أن تركـــيز الفوسفور فى مياه الصرف الصحى تتراوح بين 6-20 mg/l ومع ذلك فزيادة تركيز الفوسفور عن 10mg/l يعطى مؤشر قوى على وجود مصادر صـوف صناعية.

والصور العامة للفوسفور غير العضوى الموجودة فى مياه الصـــــرف الصحـــى تشـــمل الأورثوفوســـفات واليولـــى فوســـفات ويعتـــبر صـــــور الأورثوفوسفات (PO_4^{+3}, HPO_4^{-2}, $H_2PO_4^{-1}$, H_3PO_4) صالحه للامتصـــــاص بواسطة النبات فى حين أن صور عديدة الفوســـفات يجـــب أن تدخـــل فـــى تفاعلات التحلل المائى قبل أن تصبح صالحة للاستخدام بواســـطة النباتـــات وهذه العملية بطيئة .أيضا يتواجد الفوسفور فى صورة عضوية وبتركـــيزات كبيرة فى مياه الصرف الصحى ولذلك فإن تقييم أقصى معدل لإضافة لميـــاه الصرف الصحى تبعا لمحتواه من الفوسفور يتم حسابه تبعا لكمية الفوســـفور

الكلى المتواجدة في مياه الصرف الصحى .

المواد السامة : Toxic Substances

تحتوى مياه الصرف الصحى على العديد من الكائنات الحيـــة الدقيقـــة الممرضة والعناصر الكيميائية الخطرة على صحة الإنسان . وإضافة مياه

الصرف الصحى إلى التربة يؤدى إلى تجمع هذه العناصر السامة فى القطاع الأرضى وبالتالى تمثل تهديدا كبيرا للمجتمع من ناحية التلوث البيئي .

الكائنات الممرضة : Pathogens

يتواجد العديد من الفيروسات فى مياه الصرف الصحى ولقد تم التعرف على أكثر من 70 فيروس فى الحمأة الخام والتى تتواجد أيضا فـــــى بـــراز الإنسان . ولقد كان يعتقد قديما،أن الجرعة الفعالة المسببة للمرض تقترب من المليون ولكن ثبت الآن أن فيروس واحد يمكن أن يصيب الفرد بالعدوى كما أن من الممكن أن لا تظهر على هذا الفرد أعراض مرضية ولكنـــه يصبـــح حامل للمرض .

أيضا يتواجد العديد من أنواع البكتريا الممرضة والتى تنتقل من بـــراز الإنسان فى مياه الصرف الصحى . وعادة ما يتم تقدير البكتريا مـــن نـــوع Coli كدليل على مدى تلوث مياه الصرف الصحـــى بالبكتريـــا الممرضـــة ويوضح الجدول رقم ( ) أعداد البكتريا والفيروسات المتوقع وجودها .

فى مياه الصرف الصحى غير المعالجة أيضـــا يتواجــد الــبروتوزوا والديدان الممرضة ويجدر الذكر أن بيض هذه الديدان يصعب التخلص منه . وبوجه عام فإن تركيز وأعداد الكائنات الممرضة يجب تقديرها فـــى ميـــاه الصرف الصحى المستخدمة فى الزراعة وذلك لوجود علاقة مباشـــرة بيـــن صحة الإنسان وأعداد الكائنات الممرضة فى مياه الصرف الصحى .

يتواجد أيضا فى مياه الصرف الصحي العديد من العناصر التـــى قـــد تكون سامة للنبات عند تواجدها بتركيزات كبيرة . ويوضح الجـــدول رقـــم (1-4) العناصر الثقيلة الموجودة . ويمكن حماية مياه الصرف الصحى مـــن احتواؤه على تركيزات عاليه من هذه المواد وذلك عن طريق معالجة مخلفات الصناعة قبل صرفها فى المجارى العامة .

ويوضح الجدول رقم (1-4) نوعين من المواد السامة :

١) عناصر سامه للنباتات .

٢) عناصر ذات تأثير على خواص المياه الجوفية .

وهذه المواد جميعها تتواجد فى مياه الصرف الصحى ولذلك فيجب تقييـــم هذه المواد فى مياه الصرف الصحى المستخدم فى الزراعة وملاحظة مـــدى تجمع هذه المواد فى القطاع الأرضى .

معالجة مياه الصرف الصحـــى Waste Water Treatment

الهدف الأساسى من معالجة الصرف الصحى هو التخلص مـــن هـــذه المياه دون أن يشكل ذلك خطرا على صحة الإنسان والبيئة . ولذلـــك فـــإن استخدام مياه الصرف الصحى فى الزراعة يعتبر وسيلة فعاله للتخلص مـــن هذه المياه مع ضرورة معالجة هذه المياه قبل استخدامها فى رى المحاصيل ، أو الحدائق والمزارع المائية ونوعية المياه المعالجة المستخدم فى الأغـواض الزراعية تلعب دورا كبيرا فى نظام التربة ــ ماء الصرف الصحى المعـــالج ــ النبات وكذلك فى نظام المزارع المائية . نوعية المياه المطلوبـــة ســـوف تتوقف على نوع المحصول المـــروى والتربـــة ونظـــام الـــرى . فاختيـــار المحصول تحت هذا النظام واختيار نظام الرى سوف يقلـــل بـــالقطع مـــن المخاطر الصحية للإنسان.

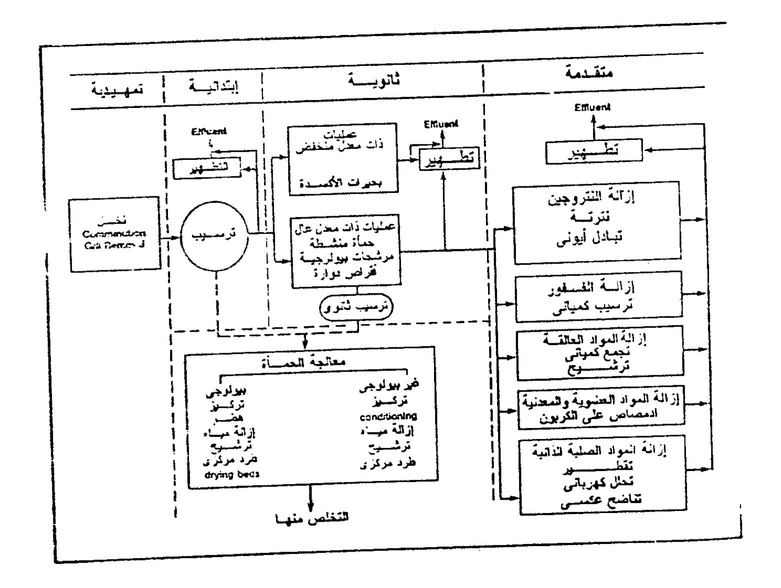
وتعتبر الطريقة المناسبة التى يجب اتباعها لمعالجة مياه الرى هى تلـك الطريقة التى تضمن نوعية مناسبة لاستخدام الزراعة بتكلفة بسيطة مع العلـم أن استخدام مستوى معالجة منخفضة يعتبر هو الأفضل بالنسبة للدول الناميـة ليس من ناحية التكاليف فحسب ولكن أيضا من ناحية تشغيل نظام المعالجـــة بكفاءة .

وتصميم مشروع معالجة مياه الصرف عادة ما يعتمـــد علـــى خفـــض محتوى هذه المياه من الملوثات العضوية والمواد الصلبة المعلقـــة . وذلـــك لخفض تلوث البيئة فإزالة البكتريا الممرضة والفيروسات pathogen لم تكن

أحد أهداف عمليات المعالجة ولكن عند استخدام مياه الصرف الصحى فـــى الزراعة فإن إزالة pathogens يجب أن تأخذ الأولوية ومراعاة ذلك تمامـــا . كما أن إزالة المواد والعناصر السامة للنبات والأسماك والنباتات المائية تعتبر ممكنة تكنولوجيا ولكنها بالقطع عملية غير اقتصادية .

عمليات معالجة مياه الصرف الصحى

معالجة مياه الصرف الصحى هى عبارة عن مزيـــج مـــن العمليـــات الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية التى تهدف إلى إزالة المواد الصلبة والمواد العضوية وأحيانا المغذيات من مياه الصـــرف الصحـــى . والمصطلحـــات المستخدمة لوصف درجات المعالجة المختلفة من المستوى المنخفـــض إلـــى الأعلى هى بالترتيب : المعالجة التمهيدية Preliminary ، المعالجة الابتدائية ، المعالجـــة الثانويـــة Secondary المعالجـــة الثلاثيـــة Tertiary أو المتقدمـــة Advanced وفى بعض الدول فـــإن عمليـــة التطـــهير disinfiction لإزالـــة pathogens تتبع الخطوة الأخيرة للمعالجة . والشكل رقم (4-2) يوضح رســم تخطيطى لعمليات المعالجة .



شكل (2-4) : رسم تخطيطي يوضح عمليات معالجة مياه الصرف الصحى

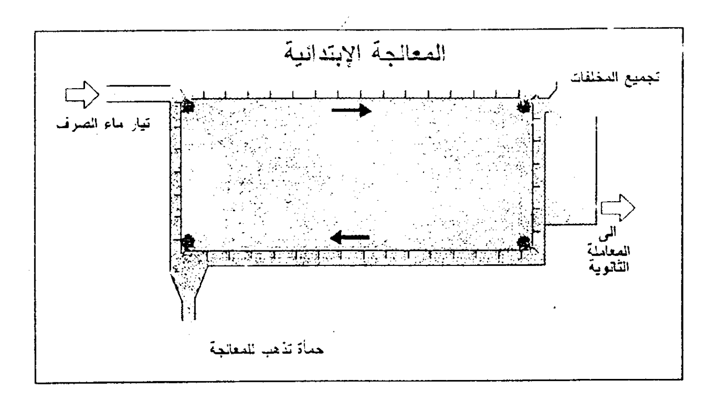
١ــ المعالجة التمهيدية Preliminary Treatment

تهدف المعالجة التمهيدية إلى إزالة المواد الصلبة الكبيرة التى عادة ما تتواجد فى مياه الصرف الصحى وتشمل هذه العملية استخدام المصافى screening لحجز المواد الصلبة الكبيرة ثم إزالتها grit removal وفى غرف الإزالة يتم إمرار الماء أو الهواء فى هذه الغرفة بسرعة عالية وتثبت هذه

السرعة وذلك لمنع ترسيب الرواسب العضوية . وفـــى مشـــاريع المعالجـــة للمجتمعات الصغيرة فإن إزالة المواد الصلبة لا يتم فى هذه المرحلة وأنمـــا تقتصر المرحلة الابتدائية على خفض الأحجام الكبيرة من الحمأة التى ســوف يتم إزالتها فى مراحل لاحقة .

٢ـ المعالجة الأولية Primary Treatment

وتهدف هذه المرحلة إلى إزالة المواد الصلبة العضوية وغير العضويـة عن طريق الترسيب وأيضا إزالة المواد الطافية بالقشط . وفى هذه المرحلـــة يتم إزالة حوالى %50 – 25من الأكسجين الحيوى المستهلك (BOD_5) و -50 %70 من المواد الصلبة العالقة (SS) , % 65 من الزيوت والدهـــون وأيضـــا بعض النيتروجين العضوى والفوسفور العضوى والعناصر الثقيلة المصاحبة للمواد الصلبة فى حين أن المكونات الفرديه والذائبة لا تتـــأثر والمخلفـــات السائلة الناتجة من المعالجة الأولية غالبا ما يطلق عليها المخلفـــات الســـائلة الأولية Primary effluent . (شكل 4-3) ويوضح الجدول رقم (4-1) نوعـية وصفات المخلفات السائلة الأولية الناتجة من بعض مشاريع معالجـــة ميـــاه الصرف الصحى فى كاليفورنيا وكذا نوعية مياه الصـــرف الصحـــى غـــير المعالجة.



شكل (4-3) : المعالجة الإبتدائية

وفى كثير من الدول الصناعية فإن المعالجة الأولية تعتبر أقل مستوى يمكن تطبيقه لمعالجة مياه الصرف الصحى التى تستخدم فى الزراعة وهذه المرحلة من المعالجة قد تكون كافية إذا ما تم استخدام المياه الناتجة من المعالجة الأولية فى رى محاصيل لا يستهلكها الإنسان . ولمنع تلوث البيئة من غرف التخزين فإن كثير من هذه الدول تقوم بعمل بعض أنواع من المعالجة الثانوية حتى لو كانت المياه تستخدم فى رى محاصيل لا تستهلك بواسطة الإنسان .

وخزانات الترسيب الأولية عادة ما تكون على شكل دائرى أو مستطيل ذات عمق 3.5 cm زمن إدمصاص هيدروليكى 3 - 2 ساعة . ويتـــم إزالـــة المواد الصلبة الراسبة (الحمأة الأولية) من قاع الأحواض بوسائل ميكانيكيـــة ونقلها إلى بئر مركزى ومنه يتم ضخها إلى وحدات معالجة الحمأة .

وفى المشاريع الكبرى للصرف الصحى ($77600\ m^3/d$) فـــإن الحمـــأة الأولية يتم معالجتها بيولوجيا بواســـطة الأكســـدة اللاهوائيـــة (anaerobic digestion) .

وفى هذه العملية تقوم البكتريا اللاهوائية بتحليل المواد العضوية فـــى الحمأة وبالتالى تقلل من حجم الحمأة المراد التخلص منها . وعملية الأكســـدة يتم إجراؤها فى أحواض مغطاه ذات عمق يتراوح مـــن 7-14m . والغـــاز الناتج من عملية الهضم يحتوى على 60-65% ميثـــان ويمكـــن اســـتخدامه كمصدر من مصادر الطاقة أما فى مشاريع الصرف الصغيرة فإن الحمأة يتم معالجتها بعدة طرق منها الأكسدة الهوائية ، التخزين فى بحـــيرات Lagoon الأكسدة أو إضافتها مباشرة إلى التربة .

جدول (4-3) : نوعية وصفات مياه الصرف الصحى غير المعالجة والمخلفات السائلة الناتجة من المعالجة الأولية فى بعض مشاريع المعالجة فى كاليفورنيا

مقياس النوعية	مدينة Davis		مدينة Los Angles	
	مياه صرف غير معالجة	المخلفات السائلة الأولية	مياه صرف غير معالجة	المخلفات السائلة الأولية
الأكسجين الحيوى المستهلك (BOD_5)	112	73	-	204
الكربون الكلى العضوى	63	40	-	-
المواد الصلبة المعلقة	185	72	-	219
النيتروجين الكلى	43	34	-	-
NH_3-N	26	35	-	39.5
NO_3-N	0	0	-	-
الفوسفور الكلى	-	7.5	-	4.2
Ca	-	-	78.8	-
Mg	-	-	25.6	-
Ka	-	-	357	-
K	-	-	19	19
SO_4-	-	-	270	-
Cl	-	-	397	-
EC ds/m	2.52	2.43	2-19	-
المواد الصلبة الذائبة	-	-	1404	1406
نسبة الصوديوم المدمص (SAR)	-	-	8.85	6.8
البورون	-	-	1.68	1-5
القلويه	-	-	322	332
عسر الماء	-	-	265	-

٣- المعالجة الثانوية

تهدف المعالجة الثانوية إلى معالجة الناتج السائل الابتدائى لإزالة البقايا العضوية والمواد المعلقة . وفى أغلب الحالات فإن المعالجة الثانوية تتبع المعالجة الابتدائية وتشمل إزالة المواد الذائبة القابلة للتحلل والمواد الغروية العضوية باستخدام عمليات المعالجة البيولوجية الهوائية . وتتم المعالجة البيولوجية الهوائية فى وجود الأكسجين وذلك باستخدام البكتريا الهوائية التى تقوم بتحلل المواد العضوية فى مياه الصرف .

جدول (4-4): خواص النواتج السائلة من المعاملة الابتدائية (المدى و المتوسط)

المكون	التركيز: المدى	المتوسط
النواتج الصلبة		
الكلية الذائبة	200-1500	500
الكلية المعلقة	50-150	100
BOD	65-200	135
COD	150-750	335
النيتروجين		
الكلى	10-60	40
الأمونيا	7-40	30
النترات	-	<0.1
الفوسفور الكلى	5-17	8

وينتج عن ذلك زيادة فى أعداد البكتريا ونواتج غير عضوية خاصة ثانى اكسيد الكربون ، أمونيا وماء . ويوجد العديد من الطرق البيولوجية الهوائية التى تستخدم فى عملية المعالجة الثانوية وهذه الطرق تختلف فيما بينها أساسا فى كيفية إمداد البكتريا بالأكسجين ومعدل تحلل المواد العضوية بواسطة الكائنات الحية الدقيقة .

وفى العمليات البيولوجية ذات المعدل العالى يتم استخدام تركيزات عالية من البكتريا وذلك بالمقارنة بالعمليات البيولوجية منخفضة المعدل . وبالتالى فإن معدل تكون البكتريا فى العمليات البيولوجية عالية المعدل يكون أعلى كما أن البكتريا يجب فصلها عن مياه الصرف المعالجة بالترسيب وذلك للحصول على ناتج ثانوى رائق ويطلق على خزانات الترويق Secondary Calrifiers ويطلق على المخلفات الصلبة التى يتم إزالتها خلال المعالجة الثانوية اسم الحمأة الثانوية أو البيولوجية وهذه عادة ما تخلط مع الحمأة الأولية .

وتشمل عمليات المعالجة البيولوجية عالية المعدل الأتى :

أ. الحمأة المنشطة Activated sludge

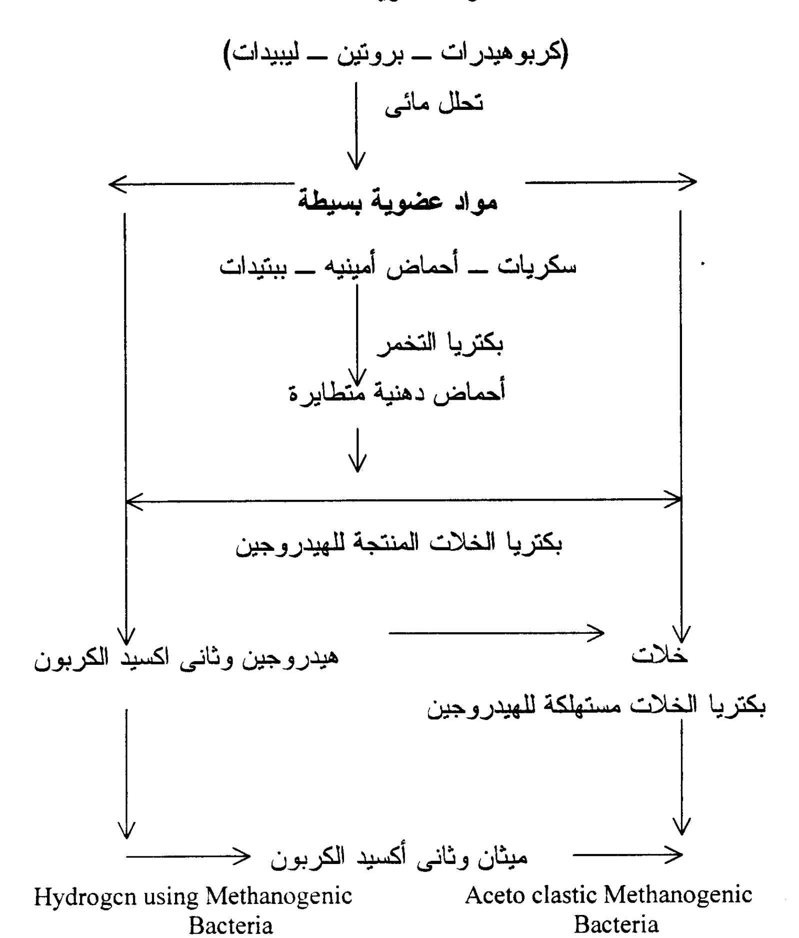
ب. المرشحات البيولوجية Trickling filters

ج. الغشاء البيولوجى الدوار rotating biological contractors

د. بحيرات الأكسدة Oxidation ditches

فى بعض الحالات قد يستخدم عمليتين من العمليات السابقة على التوالى ومثال ذلك المرشحات البيولوجية التى تتبع استخدام الحمأة النشـــطة وذلــك لمعالجة مياه الصرف ذات المحتوى العالى من المواد العضوية التى يكـــون مصدرها الصرف الصناعى .

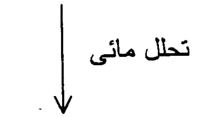
التحولات البيوكيميائية فى طرق المعالجة غير الهوائية

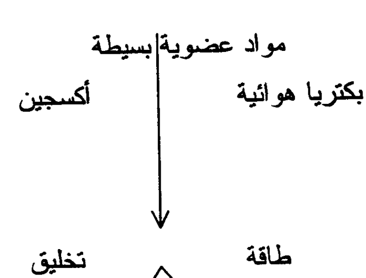


التحولات البيوكيميائية فى المعالجة الهوائية

مواد عضوية معقدة

(كربوهيدرات ــ بروتينات ــ ليبدات)





طاقة　　　تخليق

نواتج نهائية　　　بروتوبلازم

(ثانى أكسيد الكربون وماء ــ أمونيا ...)　　　(خلايا جديدة)

جدول (4-5) : خواص النواتج السائلة الثانوية فى بعض مشـــاريع معالجـــة مياه الصرف الصحى بكاليفورنيا

القياس (mg/l)	موقع المشروع	
	المرشحات البيولوجية	الحمأة النشطة
	Chino Basin	Santa Rosa
الأكسجين الحيوى المستهلك (BOD_5)	21	-
الأكسجين الكيميائى المستهلك	-	27
المواد الصلبة المعلقة	18	–
النيتروجين الكلى	-	–
NH_3-N	-	–
NO_3-N	25	10
نيتروجين عضوى	-	1.7
الفوسفور الكلى	-	12.5
Ca	43	41
Mg	12	18
Na	83	94
K	17	11
HCO_3	293	165
SO_4	85	66
Cl	81	121
المواد الصلبة الذائبة	476	484
SAR	2.9	3.9
البورون	0.7	0.6
عسر الماء الكلى	156	175

أ ــ الحمأة المنشطة Activated sludge

فى طريقة الحمأة المنشطة تتم معالجة المخلفات السائلة بعـــد خلطـــها بنسبة معينة من الحمأة المنشطة فى وحدات المعالجة وهـــى عبـــارة عـــن أحواض تهوية تحتوى على معلق من مياه الصـــرف الصحـــى والبكتريـــا الهوائية ويتم خلطهم بواسطة تيار من الهواء الذى يعتـــبر أيضـــا مصـــدرا للأكسجين وتتم عملية التهوية عن طريق :

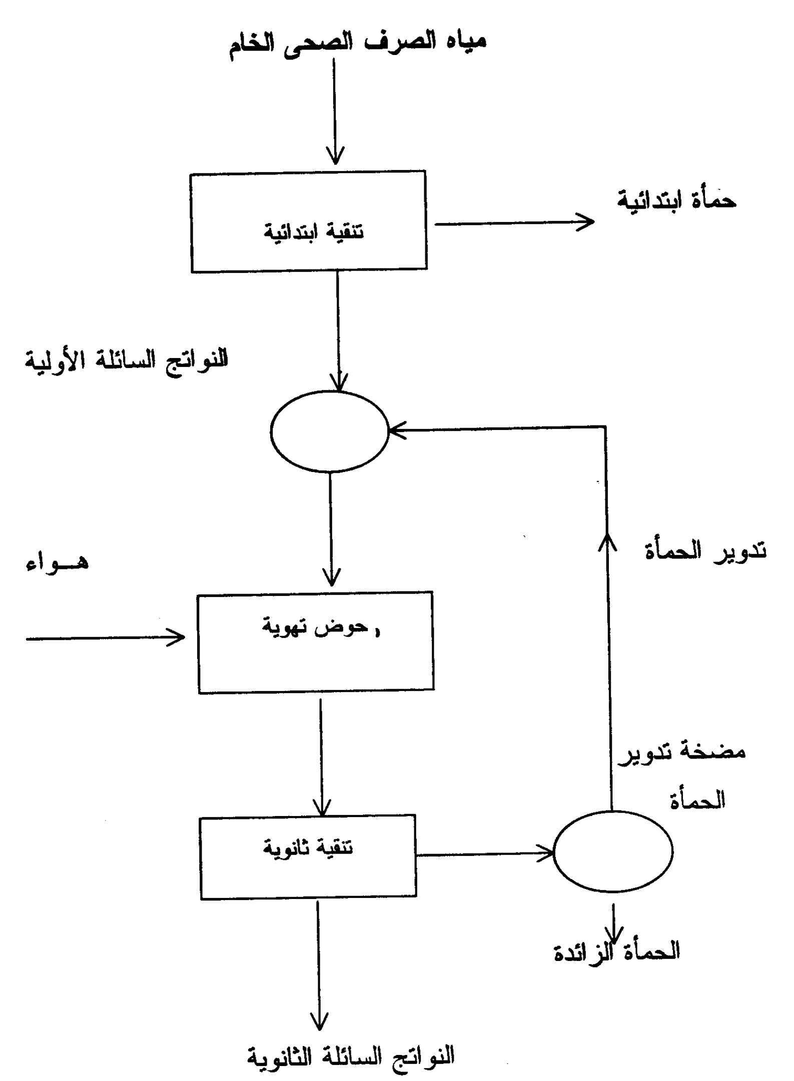
١. استعمال هواء مضغوط يخرج على شكل فقاعات من فتحات فى شـــبكة مواسير فى قاع الحوض .

٢. استعمال قلابات ميكانيكية تحدث اهتزازات فى سطح الماء مما يمكـــن الهواء من أن يتخلل المخلفات السائلة .

ولنجاح المعالجة بهذه الطريقة لابد من إضافة الحمأة المنشطة الســـابق ترسيبها فى أحواض الترسيب النهائية نظرا لما تحتويه هـــذه الحمـــأة مـــن الملايين من البكتريا والكائنات الدقيقة الأخرى التى هى العـــامل الرئيســـى لنجاح عملية التنقية . ويستمر نشاط البكتريا وأكسدتها للمواد العضوية طالمـــا يوجد فى وحدات المعالجة أكسجين ذائب ومواد عضوية تكفى لنشاط ونمـــو الكائنات الحية الدقيقة .

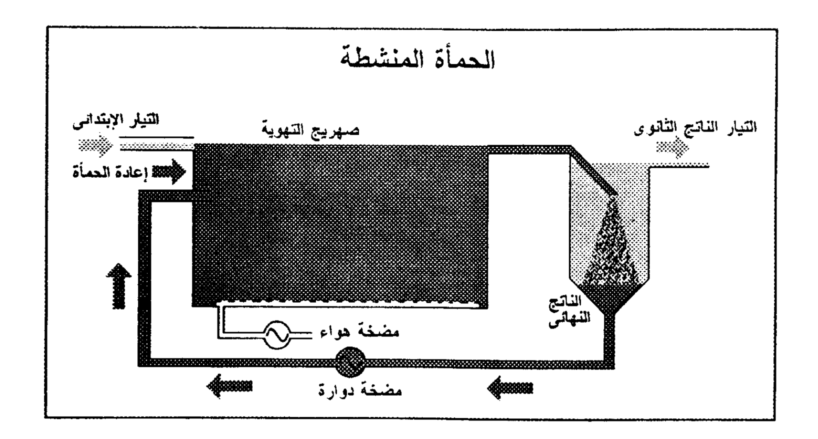
وبعد انتهاء فترة التهوية يتم فصل الكائنات الحية الدقيقة والمواد العالقة

غير القابلة للتحلل عن طريق الترسيب حيث يمر الخليط بأحواض الترسـيب النهائى فتترسب الحمأة ليعود بعض منها إلى حوض التهوية بينمـا يوجـه الباقى لأحواض معالجة الحمأة ثم التخلص منـها وتتمـيز طريقـة الحمـأة المنشطة بأن قدرتها على التنقية عالية ولكنها تحتاج إلى كفاءة تشغيل عاليـة والمساحة .



شكل (4-4) : رسم تخطيطى يوضح خطوات عملية الحمأة المنشطة

المطلوبة لهذه الطريقة صغيرة حوالى $50\ m^2\ (10^3\ m^3\ day^{-1})^{-1}$ ويوضح الشكلين رقم (4-4) ، (5-4) خطوات عملية الحمأة المنشطة .



شكل (5-4) : خطوات عملية الحمأة المنشطة

طرق التهوية فى عملية الحمأة النشطة

كما سبق ذكره تجرى عملية التهوية فى أحواض خاصة يلتقى فى مدخلها السوائل الخارجة من حوض الترسيب الابتدائى مع الحمأة المعادة من

حوض الترسيب النهائى وتستغرق عملية التهوية فترة تـــتراوح بيـــن 8 - 4 ساعات تنشط فيها البكتريا الهوائية وتعمل على تحلل المواد العضوية .

وتتم عملية التهوية والتقليب فى أحـــواض التهويـــة بطريقـــة الـــهواء المضغوط compressed air أو بطريقة التهويـــــة الميكانيكيـــة mechanical aeration ويمكن تحديد المهام التى يؤديها حوض التهوية إلى ثلاث مراحل :

١. التدوير Clarification

وتتميز بالتجاذب السريع من حبيبات المواد العضوية وتستغرق فـــترة تتراوح بين 45 – 15 دقيقة .

٢. التنشيط Activation

وفيها يتم تنشيط البكتريا نتيجة حصولها علـــى كميـــات كافيـــة مـــن الأكسجين وفى هذه المرحلة تحدث عملية أكسدة المواد العضويـــــة بســـرعة عالية فى البداية ثم تبطأ قليلا لفترة تتراوح من 5 – 2 ساعات ثم تقل عمليـــة الأكسدة بعد ذلك .

٣. النترته Nitrification

وتبدأ هذه المرحلة بعد انتهاء عملية الترويق وبعد بداية عملية الأكســـدة بفترة قصيرة وتتم هذه المرحلة فى غضون ثمان ســـاعات . وفـــى طريقـــة الحمأة المنشطة كما سبق ذكره يجب أن تكون كفاءة التشغيل عالية ومن أهـــم العوامل التى يجب الاهتمام بها عند التشغيل ما يلى :

١. التغير فى معدل تصرفات مياه المجارى التى تدخل محطة المعالجة .
٢. التغير فى تركيز المواد العضوية .
٣. تركيز المواد العالقة بأحواض التهوية .
٤. تركيز الأكسجين الذائب فى أحواض التهوية .
٥. كفاءة التقليب فى أحواض التهوية .

ب ـ المرشحات البيولوجيه Trickling filter

تتكون المرشحات البيولوجيه من أحواض مستطيلة أو دائرية تملأ بالزلط أو بأشكال بلاستيكية ويضاف مياه الصرف الصحى إلى هذه الأحواض بصورة متقطعة ويتم ذلك بواسطة رشاشات مثبتة على سطح المرشح وعند سقوط المياه على سطح المرشح تتخلل فجوات الزلط أو الحجارة أو الأشكال البلاستيكية وتلتصق الكائنات الحية الدقيقة بأسطحها وتكون طبقة حيويه أو غشاء حيوى . ويتركز النشاط الحُيوى على هذه الطبقة وباستمرار مرور مياه المجارى على أسطح الزلط يزداد سمك الطبقة البيولوجيه ويكون الجزء الداخلى منها بعيدا عن نشاط البكتريا اللاهوائية وما ينتج عنه من غازات مثل ثانى أكسيد الكربون الذى يساعد مع المياه المتساقطة على غسيل الطبقات البيولوجيه من على أسطح الزلط . وبذلك تخرج الطبقات البيولوجيه إلى أحواض الترسيب الثانوية وتكتسب مياه المجارى الأكسجين أثناء رشها على سطح المرشح بالإضافة إلى أن نشاط الكائنات الحية داخل المرشح يرفع درجة الحرارة بداخله فتخف كثافة الهواء ويأخذ مسارا من أسفل إلى أعلى

الورقة

غير موجودة

من أصل

المصدر

الورقة

غير موجودة

من أصل

المصدر

الورقة

غير موجودة

من أصل

المصدر

الورقة

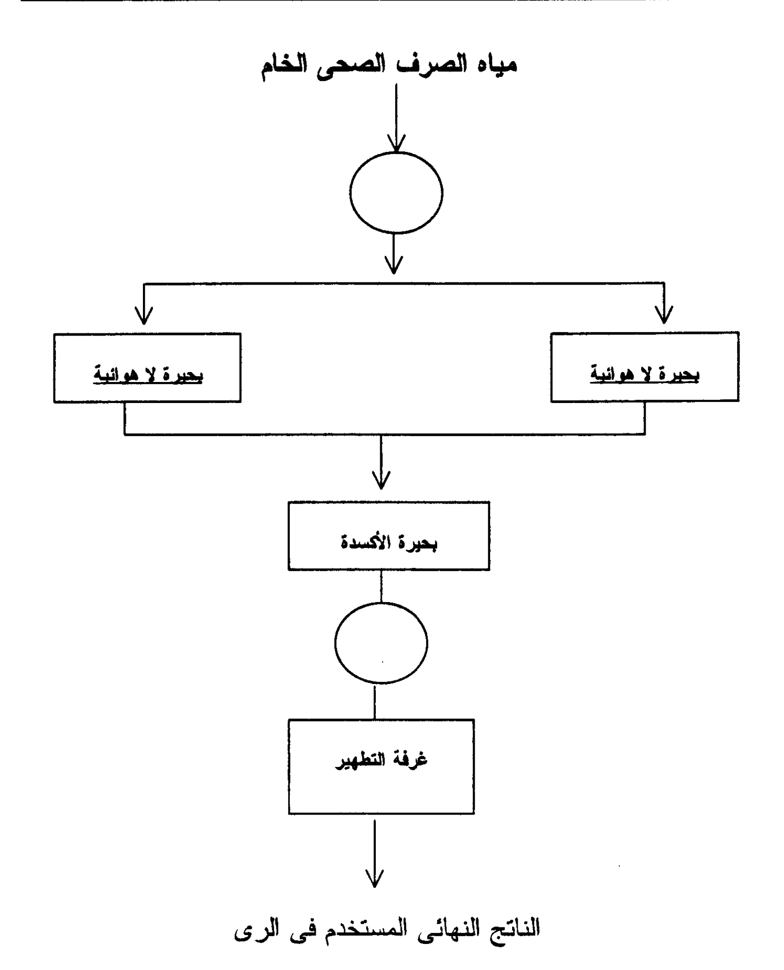
غير موجودة

من أصل

المصدر

حيث يتم ضخ مياه الصرف الصحى الخام إلى بحيرات صغـــيرة لاهوائيـــة وذلك لترسيب الحمأة فى القاع . وعادة ما يتم تصميم هذه البحـــيرات فـــى أزواج متوازية حتى يمكن إزالة الحمأة من إحداها بينما تعمل الأخرى وسعة البحيرة تتراوح بين $500 - 2500$ kg BOD_5 $ha^{-1} day^{-1}$ ويتراوح عمق البحيرة بين 1.5-4.0 متر ومعدل التحلل البيولوجى اللاهوائى يزيد عـــادة بزيـــادة درجـــة الحرارة مـــن 14 – 40°C أما عند درجة حرارة 12°C فإن معـــدل التحلل يتوقف تماما .

ويتم ضخ الناتج السائل الابتدائى من البحيرات اللاهوائيـــة (ينخفـــض محتوى BOD_5 بحوالى 50-60%) إلى سلسلة من البحيرات الهوائيـــة التـــى تكون فيها الطبقة العليا هوائية والسفلى لاهوائية .



شكل (4-8) : رسم تخطيطى يوضح عملية المعالجة فى بحيرات الأكسدة

ويتوقف سمك الطبقة الهوائية فى بحيرات الأكسدة على درجة الإمـداد بالأكسجين وعادة ما تكون البحيرة الأخيرة فى السلسلة هوائية تماما .

فى بعض المجتمعات الصغيرة تكون عملية المعالجـة ناجحـة تمامـا باستخدام بحيرة لا هوائية يتبعها بحيرة أكسدة واحدة ذات عمق ضحل (1.2-1.5m) يضمن الظروف الهوائية. وسعة بحيرة الأكسدة من المواد العضويـة يكون حوالى $150\ kg\ BOD_5\ ha^{-1}\ day^{-1}$ مع فترة بقاء تتراوح بين 7-10 أيـام ويتم فى كثير من الحالات ضخ السائل الناتج من بحيرة الأكسدة إلى خـزان لمدة 2-4 أيام لتحسين نوعية السائل الناتج . وإذا ما تم تزويد مخارج البحيرة بمرشح بيولوجى ثم تطهير المياه بالكلور بعد ذلك فإن المياه الناتجة تصبـح صالحة تماما لدى المحاصيل الزراعية .

أما بالنسبة للمجتمعات ذات الكثافة السكانية العالية (100.000نسمة) فإن استخدام البحيرات المهواه Aerated lagoons تكون أفضل وفى هذه الطريقـة يتم تزويد البحيرات بالأكسجين بواسطة وحدات تهويه .

عمليات المعالجة البيولوجية بالإضافة إلى المعالجة الابتدائيـة يمكنـها إزالة حوالى 85% من الأكسجين الحيوى وأيضا بعض العنـاصر الثقيلـة . علما بأن المياه الناتجة من استخدام طريقة الحمأة المنشطة تكون ذات نوعيـة أعلى من الطرق البيولوجية الأخرى . وعند تطهير النواتج السائلة باسـتخدام الكلور يمكن التخلص من حوالى 99% من البكتريا والفيروسات الممرضـه وعلى الرغم من ذلك فإن الأعداد المتبقية تكون عالية جدا وقد تصـل إلـى

$10^5/100ml$. وأيضا يجدر الإشارة إلى أن عمليـات المعالجـة البيولوجيـه يمكنها فقط إزالة جزء صغير جدا من الفوسفور والنيتروجين والمعادن الذائبة العضوية غير المتحللة . ويوضح الجدول رقم (4-5) نوعية المياه الناتجة من بعض هذه الطرق .

وقد أوصى تقرير البنك الدولـي (Shuval et al., 1986) اسـتخدام بحيرات الأكسدة كأفضل نظام لمعالجة مياه الصرف الصحى التى تستخدم فى الزراعة فى الدول النامية حيث تكون الأراضى متوفرة بسعر معقول ولأنـها لا تتطلب مهارة عالية فى التشغيل ويوضح الجدول رقم (4-6) مقارنة بيـن مميزات وعيوب الطرق البيولوجية المختلفة المستخدمة فـى معالجـة ميـاه الصرف الصحى .

جدول رقم (4-6) : تقييم طرق المعالجة البيولوجية

	الخاصية	الحمأة النشطة	الترشيح البيولوجلى	بحيرات الأكسدة
كفاءة المعالجة	إزالة BOD	متوسطة	متوسطة	جيدة
	إزالة كوليفورم	ضعيفة	ضعيفة	جيدة
	إزالة المواد الصلبة	جيدة	جيدة	متوسطة
	إزالة Helminth	متوسطة	ضعيفة	جيدة
	إزالة الفيروسات	متوسطة	ضعيفة	جيدة
عوامل إقتصادية	تكلفة إنشاء بسيطة	ضعيفة	ضعيفة	جيدة
	سهولة تشغيل	ضعيفة	متوسطة	جيدة
	الإحتياجات من الأراضى	جيدة	جيدة	ضعيفة
	تكلفة الصيانة	ضعيفة	متوسطة	جيدة
	الطاقة المطلوبة	ضعيفة	متوسطة	جيدة
	إزالة الحمأة	متوسطة	متوسطة	جيدة

هذا الجزء
مقطوع من
أصل المصدر

طرق المعا

تستخد
التى لم تتمد
استخدام طر
المعلقات الد
المعالجة الم

أ ـ الاستد
ج ـ الأكسد
هـ ـ التحل

أـ الإستخلا

وهذه ا
بمركبات متد
بمواد خاصة و[illegible]
المادة الحاشية من أسفل العمود أما تيار الماء الملوث فيتم دفعه مـــن أعلـــى
فتعمل مادة الحشو (ذات مساحة سطح كبيرة) على تحول المركبات المتطايرة
من الحالة السائلة إلى الحالة الغازية وتخرج مع الهواء من أعلى العمود أمــا
الماء فيخرج من أسفل العمود بعد أن يتم معالجته شكل (4-9) .

هذا الجزء
مقطوع من
أصل المصدر

ب ــ الادمصاص بالكربون **Carbon adsorption**

وفى هذه الطريقة يتم استخدام الكربون النشط الذى له قدرة كبيرة علـى إزالة وادمصاص المركبات العضوية السامة من المخلفات السائلة وتتم هــذه العملية باستخدام جهاز التلامس Contractor وهو عبارة عن عمود خارجى

به الواح من planum يوجد فيها حبيبات الكربون النشط ويتم تغذية العمود بالماء الملوث من أعلى بينما يخرج الماء المعالج من أسفل والعمود عادة ما يجهز بنظام لغسيل الكربون بعد الاستخدام لتنشيطه أو لإضافة كربون جديد ويتأثر ادمصاص الملوثات على سطح الكربون النشط بالعديد من العوامل فنجد على سبيل المثال أن المواد قليلة الذوبان تدمص بدرجة أكبر من المواد عالية الذوبان كما أن الجزيئات الكبيرة تدمص بدرجة أكبر من الجزيئات الصغيرة كما أن المركبات ضعيفة التأين تدمص بدرجة أعلى اما المركبات العضوية غير المشبعة فتدمص بدرجة أكبر من المركبات العضوية المشبعة ويوضح شكل رقم (4-10) رسم توضيحي لوجود المعالجة بالادمصاص .

هذا الجزء
مقطوع من
أصل مصدر

شكل

جـ ـ الأكسدة الكيميائية Chemical oxidation

وتهدف هذه العملية إلى أكسدة المواد السامة باستخدام مـــواد مؤكســـدة وتحويلها إلى مركبات أقل سميه وتتم عملية الأكسدة فى أحواض ويتم تغذيـــة الماء الملوث من أحد جانبى الحوض ويخرج الماء المعالج من الجانب الآخر أما المادة المؤكسدة فيتم إضافتها بعد دخول الماء مباشرة إلى الحوض وتخلط مع الماء بواسطة خلاطات ميكانيكية ويجب أن تتم عملية الخلط بكفاءة تامـــة وسرعة كبيرة ومن المواد المؤكسدة التى تستخدم فى هذه العملية :

(أ) الأوزون :

ـــة يتـــم
ر جــزئ
مع جــزئ
ة الأوزون
مركبـــات
يتفـــاعل
تحوليـــات

(ii) الكلور :

وهو غاز كثيف يستخدم فى تطهير الماء لقتل الجراثيم وعند خلط غـاز الكلور مع الماء ينتج حمض الهيبوكلورويس Hypochlorous acid .

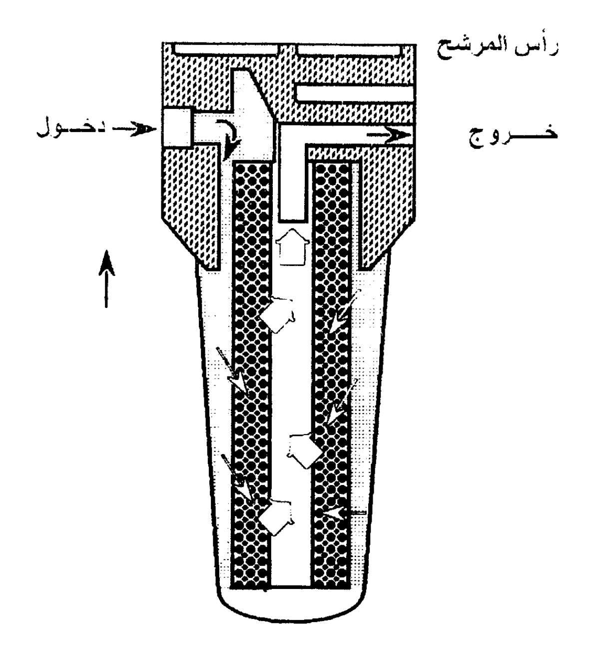
$$2\ Cl + H_2O \rightarrow HOCl + H^+ + Cl$$

ويستخدم الكلور فى تدمير ذرة السيانيد حيث يتحول تحـت الظـروف القاعدية إلى مواد غير سامة .

$$CN + OCl \rightarrow C\ NO + Cl$$

وفى الوسط القلوى يتحول كلوريد السيانوجين إلى سيانيدصوديوم ثـم إلى غاز النيتروجين وثانى أكسيد الكربون .

$$CNCl + 2\ NaOH \rightarrow NaCNO + H_2O + NaCl$$
$$NaCNO + 3\ Cl_2 + 4\ NaOH \rightarrow N_2 + 2CO_2 + 6\ NaCl + 2\ H_2O$$



شكل(4-10) : مضخة الكلور

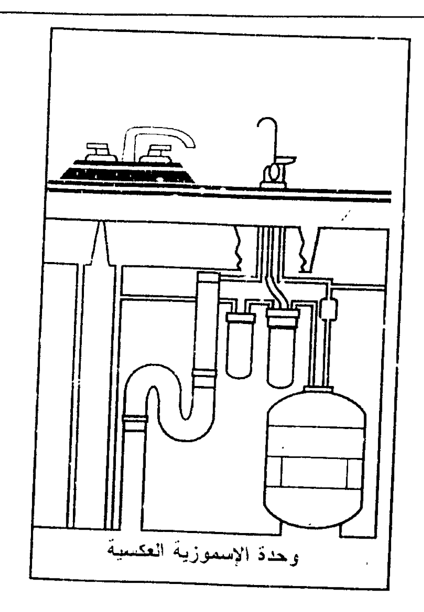
د ـ التناضح العكسى Reverse osmosis

يعتبر الأسموزية العكسية هي المعالجة المفضلة للمـــاء الخــام الــذى يحتوى على أملاح ذائبة كلية أكثر من 700 ppm مثل مياة البحر و أيضا قد

تكون مفيدة عندما يكون تلوث المياة بالمواد العضوية . كبيرا و تحتوى المياه على كميات قليلة من الأملاح الكلية الذائبة . وتستخدم الأسموزية العكسية فى الأغراض الصيدلية عند إنتاج مياه الحقن وعموما يكون الناتج محتويا علـــى حوالى 5-10% من الأملاح الكلية الذائبة الإبتدائية ويتـــم إزالـــة الملوثـــات العضوية تماما .

والفكرة الأساسية للأسموزية العكسية تكون كالتالى :

عند وضع غشاء شبة منفذ بين ماء بحر وآخر عذب تحت نفس الضغط فإن الماء العذب ينتقل إلى ماء البحر عبر الغشاء شبة المنفذ وهـــو عكـــس الأسموزية حيث يتم فيها إنتقال الماء المالح إلى العذب عبر الأغشـــية شـــبة المنفذة أى من التركيز الأعلى إلى التركيز الأقل ولذلك فقدرت التنا العكســـى يلزمة ضغط على الماء المالح ويتوقف الضغط اللازم للتشغيل علـــى نـــوع الغشاء المستعمل وعلى درجة تركيز الأملاح فى الماء شكل (4-11) .



شكل (4-11) : وحدة الأسموزية العكسية

هـ ـ التحلل الكهربائى Electrodialysis

يتم إستخدام التحلل الكهربائى لتحلية المياة التى تحتوى على أملاح كلية ذائبة حوالى 2000 ppm بحيث يصل تركيز الأملاح الكلية فى هذه المياه إلـى حوالى 500 ppm .

وفى هذه الطريقة تتعرض المياة لمجال كهربائى وذلك بوضع قطبيـن كهربائيين أحدهما موجب والأخر سالب فى الأحواض التى تمر بها المياة

فتتحلل الأملاح الموجودة فى المياة إلى أيونات موجبة تتحرك ناحية القطب السالب وأيونات سالبة تتحرك ناحية القطب الموجب ويوضع فى مسار الأيونات المتحركة عدد من الأغشية التى تحمل شحنات كيميائية بعضها موجب والأخرى سالبة (بحيث لا يتجاور غشائين بنفس الشحنة) .

عند مرور المياة فى الغرف المتكونة من هذه الأغشية تتنافر الأيونات الموجبة مع الغشاء ذو الشحنة الموجبة بينما تنجذب إليه الأيونات السالبة وتمر خلالة وكذلك يتنافر الغشاء ذو الشحنة السالبة مع الأيونات السالبة وتمر خلالة الأيونات الموجبة وبذلك يقل تركيز الأملاح فى غرفة بين غشائين متجاورين ويزيد فى غرفة اخرى وتخرج المياة التى قل فيها التركيز للإستعمال .

وفى كثير من الأحوال عندما يكون احتمال تعرض العامه للماء المعالج كثيرا فإن الهدف من المعالجة هو خفض تعرض العامه للفيروسات والبكتريا الممرضة الأخرى .

ويعتقد أن تطهير المياه من الفيروسات يتأثر سلبيا بوجود الغرويات المعلقة والصلبة فى الماء لذلك فهذه المواد الصلبة يجب إزالتها بواسطة المعالجة المتقدمة قبل تطهير المياه وترتيب المعالجات كما هو متبع فى الولايات المتحدة الأمريكية يكون كالتالى :

المعالجة الثانوية يتبعها تجمع كيماوى ثم ترسيب و ترشيح وبعد ذلك التطهير .

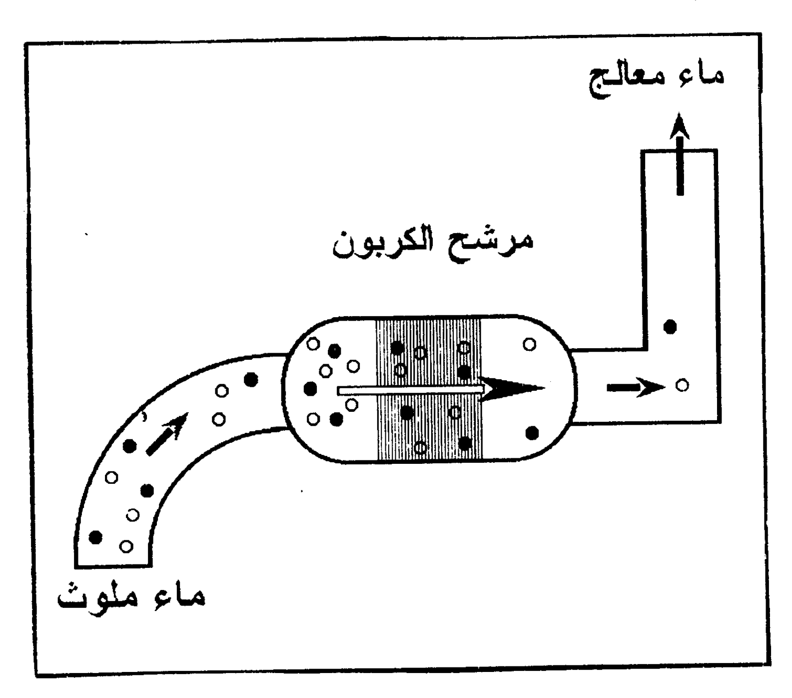
ويفترض أن عملية التطهير ضرورية لإنتاج مياه خالية من الفيروسات ويوضح الجدول رقم (4-7) نوعية الماء الناتجة من بعض المعالجات المتقدمة.

جدول (4-7) : نوعية المياه الناتجة من المعالجة المتقدمة فى بعض بلدان ولاية كاليفورنيا

المقياس mg/l	Long Beach	Los Coyotes	Romona
BOD_5	5	9	4
المواد العلقه	-	5	-
النيتروجين الكلى	-	-	-
NH_3-N	3.3	13.6	4.4
NO_3-N	15.4	1.1	3
Org-N	2.2	2.5	1.3
Ortho P	30.8	33.9	21.7
بكتريا القولون (MPN/10 0 ml)	-	-	2
Ca+	54	65	58
Mg	17	18	14
Na	186	177	109
K	16	18	12
SO_4	212	181	123
Cl	155	184	104
EC, ds/m	1.35	1.44	1.02
المواد الذائبة الكلية	867	827	570
الصوديوم الذائب (%)	63.2	59.2	51.7
نسبة الصوديوم المتبادل	5.53	4.94	3.37
البورون	0.95	0.95	0.66
القلويه $CaCO_3$	-	526	197
العسر الكلى $CaCO_3$	212	242	206

المصدر : Asano and Tchobanoglous (1987) .

المعالجة المتقدمة فى مشاريع الصرف الصحى فى هذه المدن تتبع المعالجـــة الثانوية وتشمل إضافة مواد كيميائية مجمعه (بوليمر + Alum) وتتبع ذلـــك الترشيح خلال الرمـــل أو اســتخدام مرشـــحات الكربـــون النشـــط شـــكل (12-4) .



شكل (12-4) : مرشح الكربون النشط

التطهير Disinfection

تطهير المياه هو إبادة البكتريا المسببة للأمراض وكذلك بكتريا القولـون coliform وعملية التطهير لا تغنى عما يسـبقها مـن عمليـات الترسـيب والترشيح ولكنها مكمله لما يسبقها من عمليات وتتم عملية التطهير بـإحدى الطرق الأتية :

١. التطهير بالكلوره Chlorination

وتتم عن طريق إضافة الكلوره إلى الماء بإحدى الطرق الأتية :

أ- المسحوق الأبيض :

وهو عبارة عن كلوريد جيد وهو مسحوق أبيض مائـل للاصفرار لـه رائحة قوية نفاذة يحتوى على 32% من وزنـه كلـور فعـال وترتيبـه الكيميائى $OCl\text{-}\ Ca(OH)_2$

ب - هيدكلوريد الكالسيوم :

وترتيبه الكيميائى $Ca\ (Ocl)_2\ 4\ H_2O$ وتتراوح كمية الكلور الفعال فيـه من 60-70% من وزنه ولا تتأثر بالتخزين وجرعة الكلور التي يتم إضافتـها إلى مياه الصرف الصحى تتوقف على مدى تلوث هذه المياه وعموما فـهى تتراوح بين 5-15 mg/l وغالبا ما تتطلب المعالجة المتقدمة خبرة إضافية 120

دقيقة ويقضى الكلور على البكتريا عن طريق انتاج أكسجين أحادة الذرة قادر على القضاء على البكتريا .

$$H_2O + Cl_2 \rightarrow HCl + HOCl$$

$$HOCl + HCl + O$$

وهناك بعض النظريات تقول أن الكلور يعمل على حرق خلايا البكتريا وخاصة وقد يحولها إلى مواد قابلة للذوبان وبالتالى يقضى عليها .

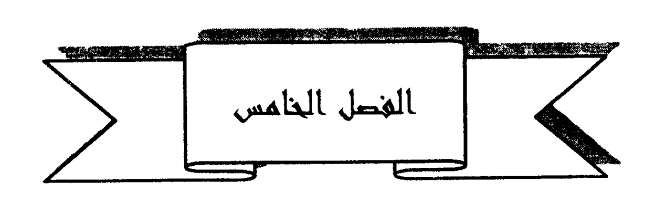
٢ـ التطهير بالأوزون Ozone

وهو مؤكسد قوى وفعال فى عملية التطهير واستخدامه غير مصحـــوب بطعم أو رائحة ويختفى بعد فترة قصيرة من استخدامه بعكس الكلور .

٣ـ استخدام الأشعة فوق البنفسجية Ultra-violet Rays

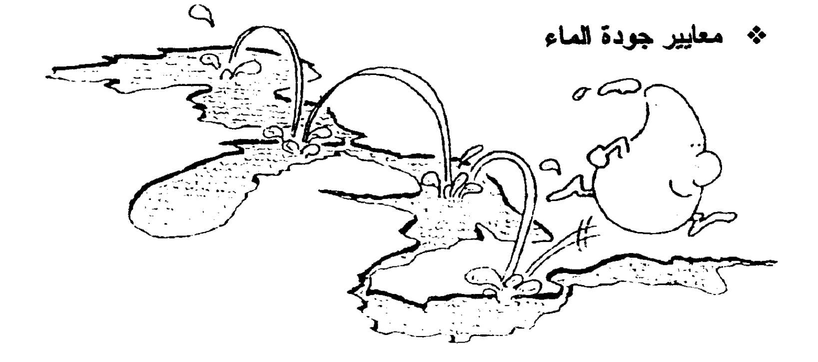
وهذه ذات تأثير فعال فى عملية التطهير ولكنها مكلفـــة ولا تســـبب أى طعم أو رائحة للماء .





معايير جودة الماء

- ❖ التقديرات المعملية للماء وأهميتها
- ❖ معايير جودة الماء





معايير جودة الماء

Water Quality Criteri

أ – التقديرات المعملية للماء وأهميتها

للتعرف على المواد الموجودة فى النهر أو البحر يقوم البحاث بتجميع عينات من الماء والكائنات الحية والترسيبات المعلقة وأيضا الرسوبيات من القاع ثم يتم إجراء التحليلات اللازمة على هذة العينات بإستخدام أجهزة متخصصة. يمكن أخذ بعض القياسات فى مكان أخذ العينات مثل درجة الحرارة والأكسجين الذائب والعكارة والتوصيل الكهربائ بواسطة أجهزة محمولة .

فى المعمل يتم إستخدام أجهزة ذات تقنية عالية مثل جهاز البلازما Plasma emission spectrometer لتحليل العناصر وجهاز الكروماتوجراف gas chromatograph-mass spectrometer لتحليل المبيدات (dioxins PCBs والمركبات العضوية الأخرى) . ونتيجة للتقدم الهائل فى الأجهزة التحليلية فيتم

الآن إجراء عدد من التحليلات أكثر مما يجرى فى الماضى وبدقـــة عاليـــة حيث تصل دقة الأجهزة الحديثة الأن إلىواحد جزء فى البليون IPPB .

سوف نتكلم فى هذا الفصل بإيجاز عن التقديرات المعملية التـــى يتـــم إجراؤها على الماء وأهمية كل منها. وتنحصر الطرق المستخدمة والتقديرات المعملية فيما يلى :

١- درجة الحموضة والقلوية pH

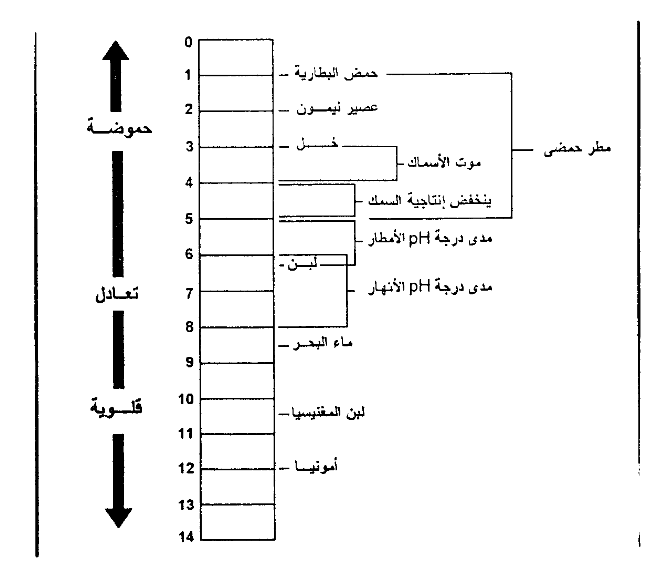
يوضح قياس الـــ pH مدى حموضة وقلوية المحلول ففى الماء النقـــى عند درجة حرارة الغرفة ينحل جزء صغير جداً (٢جزئ مـــن كـــل بليـــون جزئ) من جزيئات الماء (H-O-H) لحظيا إلى أيون هيدروجين (H^+) موجب الشحنه ، أيون هيدروكسيل (OH^-) سالب الشحنه . ولوجود أعداد متســـاوية من كل الأيونين فى الماء فيقال أن الماء متعادل .

بعض المواد فى الماء تنتج زيادة من أيونات الهيدروجين (H^+) نتيجـــة لاحتواء هذه المواد على أيونات الهيدروجين وانطلاقها عند ذوبان المادة فـــى الماء أو نتيجة تفاعل هذه المواد مع الماء وهذه المواد يطلق عليها أحماض . أما المواد الأخرى التى تنتج أيونات الهيدروكسيل فيطلق عليها قواعـــد bases والمقياس الذى يستخدم لوصف تركيز الحمض أو القاعدة يطلق عليـــه pH . نجد أن pH=7 يكون متعادل وأعلى من 7 يكون قاعدى وأقل من 7 يكـــــون

حامضى. مقياس الـ pH هو مقياس لوغاريتمى بمعنى أن أى تغير فى الـــ pH بمقدار وحدة واحدة يمثل عشرة أضعاف التغير فـــى تركـــيز أيونـــات الهيدروجين . ولذلك فإن محلول ذو pH=3 يحتوى عشرة أضعـــاف تركـــيز أيونات الهيدروجين الموجودة فى نفس الحجـــم مـــن محلـــول ذو pH=4 . وهكذا.

أمثله الـــ pH لبعض السوائل: pH المياه الغازية يتراوح بيـــن 2-4 ، الخل = 3 وعصير ليمـــون 2.3 ، الأمونيـــا = 11.7 ، لبـــن المغنســـيوم = 10.5(شكل 5-1).

ولقياس الحموضة الكلية total acidity لعينه الماء يجب معـــايرة هـــذه العينة وذلك بإضافة محلول قاعدى معلوم التركيز إلى هذه العينة ببطء حتـــى يحدث التعادل وبمعرفة حجم القاعدة المضاف يمكـــن حســـاب الحموضـــة الموجودة أصلا . وبنفس الطريقة يمكن تقدير القاعدية alkalinity لعينة الماء وذلك باستخدام محلول حمض قوى معروف التركيز .



شكل (5-1) : مقياس درجة الحموضة (pH)

أهمـــيته

على الرغم من وجود بعض الكائنات التي تستطيع العيش في درجـــة pH عاليه فإن أغلب الكائنات الحيه تتطلب pH قريبا من التعادل . فالعديد من الإنزيمات والبروتينات تتأثر بدرجة كبيرة بانخفاض وارتفاع الـــ pH عـــن درجة التعادل حيث يؤدى ذلك إلى عدم قيام هذه الإنزيمات بوظيفتها وبالتالى يموت الكائن الحى بالإضافة إلى الضرر الذى يسببه حموضة وقلوية المـــاء إلى الكائنات البحرية. عدم توازن الـــ pH يعمـــل علـــى تثبيـــط العمليـــات

البيولوجية فى محطات معالجة المياه بينما ينتج عنه معالجـــة غـــير كاملـــة وبالتالى تتلوث المياه الطبيعية التى تستقبل هذه المياه المعالجة .

أيضا درجة الــ pH المنخفضة تسبب تآكل أنابيب الصـــرف والميـــاه وتزيد من انطلاق غاز كبريتيد الهيدروجين مما ينتج عنه أحياناً وفيات لعمال صيانة هذه الأنابيب. كما تعمل درجة pH المنخفضة على زيـــادة إنطـــلاق العناصر السامة من التربة .

والقاعدية أيضا هامه لأنها مقياس لمقدرة الماء على مقاومة الحموضـــة (مثال المطر الحمضى). كما نجد أن بعض العمليات التى تجرى فى محطات معالجة المياه تنتج حموضة وإذا لم يتواجد قاعديـــة كافيـــة لمعادلـــة هـــذه الحموضة فإن درجة pH العملية نفسها سوف ينخفض وبالتالى يحدث تثبيـــط لهذه العملية ويمكن منع ذلك بإضافة مواد كيماوية قاعدية .

التقـــدير

يتم قياس درجة الــ pH عن طريق جـــهاز pH كمـــا أن الحموضـــة والقلوية يتم تقديرها عن طريق المعايرة بمحاليل أحماض وقواعد معروفـــة القوة في وجود دلائل معنية .

٢- الأكسجين الذائب (Dissolved Oxygen (D.O.

الغازات أيضا يمكن أن تذوب فى الماء مثل المواد الصلبـــة والســـائلة

وتختلف الغازات فى درجة ذائبتها فى الماء . والمحلول الذى يحتوى على أقصى تركيز ممكن يطلق عليه محلول مشبع . وغاز الأكسجين – وهو العنصر الذى يوجد على شكل جزئ O_2^- لا يذوب بدرجة كبيرة فى الماء فالمحلول المشبع عند درجة حرارة الغرفة وضغط جوى عادى يحتوى فقط على 9 جزء فى المليون من الأكسجين الذائب (9mg/L) والجدير بالذكر أن خفض درجة الحرارة وارتفاع الضغط يزيد من ذائبية الأكسجين فى الماء والعكس صحيح .

أهميته

الأكسجين الذائب مهم لتنفس الأسماك كما أن كثير من الكائنات الحيه الدقيقة تحتاج إلى الأكسجين للقيام بوظائفها . وانخفاض ذائبية الأكسجين فى الماء يعنى أن تركيز الأكسجين الذائب فى الماء يمكن أن ينخفض بسهولة فى وجود بعض المواد المستهلكه للأكسجين علما بأن البكتريا التى لا تحتاج أكسجين للقيام بعمليات التحلل تكون نواتجها غالبا سامة وذات رائحة كريهه أو قابلة للإشتعال. وجدير بالذكر أن وجود أكسجين ذائب بكمية كافية هو ضرورى لعمليات معالجة ماء الصرف الصحى .

التقدير

يمكن قياس الأكسجين الذائب باستخدام الأجهزة الالكتروكيميائية مثل جهاز قياس الأكسجين الذائب (DO-meter) وهو جهاز محمول ويمكن

معايرته مباشرة باستخدام الأكسجين فى الهواء .

٣- الأكسجين الحيوى المستهلك Biochemical Oxygen Demand (BOD)

وهو إختبار لقياس كميه المادة العضوية المتحلله الموجودة فى عينة ماء . ويعبر عن النتيجة بـ mg/L وهذا يمثل ما يستهلكه الكائنات الحيه (البكتريا) من الأكسجين عند تحليلها للمادة. وهذه الطريقة تستغرق حوالى خمسه أيام ولكن يوجد طريقة أخرى تعرف باسم الأكسجين الكيماوى المستهلك chemical Oxygen Demand (COD) ويستغرق تقديرها (٢ساعة) كما يوجد طريقة أخرى أسرع تستغرق فقط عدة دقائق ولكنها تتطلب أجهزة غالية الثمن وهذه الطريقة تعرف بالكربون العضوى الكلى Total Organic Carbon (TOC) . وجدير بالذكر أن أغلب الهيئات تصر على إجراء إختبار الأكسيجين الحيوى المستهلك BOD لكى تصدر تقاريرها الخاصة بمشروعات المعالجة الحيوية .

الأهمية

نقص الأكسجين الذائب في الماء يعد من أهم العوامل التي تؤثر سلبا على جودة الماء . ولذلك فإن منع المواد العضوية من الوصول إلى المجارى المائية تعتبر الهدف الأساسى من معالجة مياه الصرف الصحى علما بأن التأكد من مستوى الأكسيجين الحيوى المستهلك في محطات معالجة المياه هو ضرورة قصوى لضمان سلامة المعالجة . ولأن تقدير الأكسيجين الحيوى

المستهلك يستغرق وقتا طويلا فيمكن الاسترشاد بالاختبـــارات الكيميائيـــة أو استخدام الأجهزة الأخرى السريعة لتقدير الكربون العضوى الكلى .

التقـــدير

يتم إجراء اختبار BOD فى زجاجة مصممه خصيصا لذلك ولها غطـاء محكم يمنع تسرب الهواء إلى الخارج وتملأ الزجاجة تماما بعينه الماء الـذى يكون ذا pH قريب من التعادل وخال من المواد السامة . وفى هذه العينة يتـم قياس الأكسيجين الذائب أولا ثم يتم إغلاق الزجاجة بأحكام ثم توضـــع فـــى حضان عند درجة 60°C لمدة خمسة أيام ثم يقاس الأكسيجين الذائب والفـرق بين القراءتين هو BOD **(يتم حفظ الزجاجة المحتويه على عينة المـــاء فـــى الظلام لأن الطحالب التى قد تكون موجودة فى العينة سوف تنتج أكسجين إذا ما تعرضت للضوء) .**

ويجب مراعاة إضافة بكتريا للعينات التى لا تحتوى على بكتريا كافيـة لإجراء اختبار BOD ومثال ذلك العينات المأخوذة من ماء الصرف الصناعى الذى سبق تعرضها لدرجات حرارة عاليـــه أو درجـــة pH عاليـــه جـــدا أو منخفضة جدا .

أما أختبار COD فيجرى بتسخين جزء من العينة فى محلول كرومـات حمضى الذى يعمل على أكسدة المادة العضوية كيميائيا والكمية المتبقية مـــن الكرومات يمكن تقديرها عن طريق المعايرة وتحويلها إلى قيـــم أكســـجين

مستهلك ويستغرق هذا الأختبار حوالى ساعتين وقيم COD المتحصل عليـــها تكون عادة أكبر من قيم BOD (قيم COD حوالى 2.5 ضعف قيـــم BOD) أما اختبار TOC فيجرى باستخدام الأجهزة حيث يتم أكسدة الكربون العضوى إلى ثانى أكسيد الكربون عن طريق الحرق أو الأكسدة الكيماوية وينتج عـــن ذلك انطلاق غاز ثـــانى أكســيد الكربـــون الـــذى يتـــم قياســـة بواســـطة infrared spectrometry .

٤- المواد الصلبة Solids

يحتوى الماء على مواد صلبة تكون ذائبة أو معلقة وكلمة ذائبة تعطـــى إنطباعا أن جزيئات المادة موجودة ضمن جزيئات الماء ولكن فى الواقع فـإن المواد الصلبة تعتبر ذائبة بمرورها خلال فلتر من الفيبرجلاس سعة مســـامة 0.1 micometer أما المواد الصلبة التى لا تمر خلال هذا الفلتر فتعتبر معلقـــة Suspended . والمواد الصلبة الموجودة فى الماء وتترسب فى زمن مقـــدارة ساعة فتعرف بأنها مواد صلبة مترسبه "Settlable" .

كما تقسم المواد الصلبة فى الماء إلى :

١- مواد صلبة مثبته fixed .

٢- مواد صلبة متطايرة Volatile .

والمواد الصلبة المثبتة هى عبارة عن الرماد الذى يتخلف مـــن حـــرق

المواد الصلبة الجافة . أما المواد الصلبة المتطايرة فهى المواد الصلبة التـــى تفقد أثناء عملية الحرق وعادة ما تستخدم لتقدير المادة العضوية الموجودة .

الأهمـــية

المواد الصلبة فى مياه الصرف الصحى تساهم فى تكوين الرســـوبيات أما المواد الصلبة المتطايرة فعادة ما تكون مصاحبة للأكسجين المستهلك .

التقــــدير

يتم تقدير المواد الصلبة الكلية (Total Solids) وذلك بتجفيف عينة ماء معلومة الوزن عند درجة حرارة 103-105°C في وعاء معلوم الوزن ثم يبرد الوعاء في مناخ جاف (desiccator) ثم إعادة وزنة وحســـاب وزن المـــادة الصلبة وإرجاعها إلى وزن عينه الماء. يمكن أيضا التعبير عن المواد الصلبة باستخدام mg/L إذا ما تم أخذ حجم عينة الماء . ولتقدير وزن المواد الصلبـــة المتطايرة فتؤخذ العينة التي سبق تجفيفها وحرقها في الفـــرن عنـــد 500°C وتبريدها ثم وزنها ثم بالطرح يمكن تقدير المواد الصلبة المتطايرة والمـــواد الصلبة المتبقية fixed .

وتقدير المواد الصلبة الكلية المعلقـــة Total Suspended Solids (TSS) وذلك بترشيح عينة الماء خلال فيبرجلاس فلتر ثم تجفيفة ويكون وزن المواد العالقة بالفلتر هو عبارة عن المواد الصلبة المعلقة (TSS) ويمكن أيضا تقدير

TSS عن طريق استخدام جهاز العكارة (Turbidity) .

المواد الصلبة الذائبة (The Dissolved Solids (DS =

(المواد الصلبة الكلية (TS) – المواد الصلبة الكلية المعلقة (TSS))

أما الطريقة المعتمدة لتقدير المواد الصلبة الذائبة فيكون عـــن طريـــق تجفيف الماء الذى مر خلال الفلتر فى وعاء عند درجة حرارة 180°C .

ويمكن تقدير المواد الصلبة الذائبة أيضا باســـتخدام جـــهاز التوصيـــل الكهربائى electoical conductivity علما بأن بعض المواد العضوية يمكـــن أن تذوب فى الماء بدون أن ينتج عن ذلك أيونات فالملح على سبيل المثـــال عند ذوبانه فى الماء ينتج عنه توصيل كهربائى عالى بينما السكر الذائب فـــى الماء لا يمكن تقديره فى هذه الطريقة .

٥- المغـــذيات Nutrients

عادة ما يطلق على مركبات النتروجين والفوسفور بالمغذيـــات علـــى الرغم من أن بعض العناصر الأخرى مثل الحديد والمغنسيوم والبوتاســـيوم تعتبر ضرورية لنمو النبات والبكتريا .

ويتواجد النيتروجين أساسا فى الحالة المؤكسدة مثل النترات (NO_3^-) ، النيتريت (NO_2^-) أو فى الصورة المختزلة أمونيـــا (NH_3) أو النيـــتروجين

العضوى حيث يكون النيتروجين هو جزء من المركب العضوى مثل الحمض الأمينى والبروتينى والحمض النووى وكل هذه الصور يمكـــن أن تســتخدم كمغذيات وبالقطع يجب أن تتحول أولا إلى الصورة المعدنية لكى يستفيد منها النبات .

أما الفوسفور فالصورة الهامة لهذا العنصر هو الفوسفات وهى الصورة المؤكسدة من هذا العنصر (PO_4^{-3}) ويوجد أيضا الصور الأخـــرى المركـــزة مثل Pyrophosphate ، Polyohosphate وأيضا الفوسفور العضـــوى وهـــذه الصور قد تكون ذائبة أو غير ذائبة ومجموع هذه الصور يسمى بالفوســفور الكلى .

الأهمـــية

هذين العناصرين هامين في المياه الطبيعية لأن توافرهم بكـــثرة فـــي المياه يعمل على زيادة نمو الطحالب والنباتات المائية . أمـــا نقــص هذيـــن العنصرين في مياه الصرف الصحى أثناء المعالجة يؤدى إلى خفض كفـــاءة عملية المعالجة البيولوجية ولذلك فى بعض الأحيان يتـــم إضافــة حمــض الفوسفوريك والأمونيا عند معالجة مياه الصرف الصحى الصناعى .

التقـــدير

يمكن تقدير الأمونيا بالطرق اللونية باستخدام طريقة نسلر وذلك بعـــد التقطير من محلول قلوى كما يمكن تقديره بطريقة الالكترود وذلـــك بـــدون

تقطير . أما النتروجين العضوى فيتم تقديره بالطرق ذاتها ولكن بعد أن يتـم هضمه حتى يتحول النتروجين العضوى إلى أمونيا .

والكبريت يتم تقديرة بالطريقة اللونية أما النـترات فيتـم تحويلـه إلـى الصورة المختزلة باستخدام الكادميوم فتتحول النترات إلى نيـتريت Nitrite ويتم تقديره لونيا ويمكن تقدير الأمونيا والنترات والنيـتريت باسـتخدامIon Chromatography.

بالنسبة للفوسفات فيمكن تقدير الصورة الذائبة باستخدام الطرق اللونيـة أما صور الفوسفات غير الذائبة والمركزة فيجرى تقديرها بتسخين العينة مـع إضافة حمض حتى يتم تحويل الصورة غير الذائبة إلى صورة ذائبة وتقديرها لونيا . وعند تقدير الفوسفور العضوى يجب هضم العينة بالإضافة حمـض ومادة مؤكسدة لتحويل الفوسفور العضوى إلى فوسفور ذائب .

٦- الـكلور chlorine

تواجد الكلور النقى على صورة جزئ Cl_2 غاز أو سائل عند درجـات الحرارة العادية يتوقف على الضغط . وعند ذوبان الكلور فى المـاء فإنـه يتفاعل مع الماء مكونا hypochlrous acid (HOCl) أو حمض الهيدروكلوريك (HCl) ويجعله أكثر حموضة. وينحـل HOCl ليعطـى H^+ ، OCl (أيـون (Hypochlorite

ويعرف مجموع الكلور الذائب ، حمض الهيبوكلورس HOCl ، أيــون الهيبوكلوريت OCl^- بالكلور الحر Free Chlorine . ويمكن للكلور الحــر أن يتفاعل مع الأمونيا فى المحلول مكونا chloramines الــذى يعتــبر مطــهر ضعيف

بالمقارنة بالكلور الحر ولكنه يتميز بعدم دخوله فى تفاعلات جانبية . ويمكـن للكلور الحر أن يتفاعل أيضا مع مركبات النتروجين العضوى مكونا organic chloramines وجميع الكلور آمين chloramines يطلق عليــــها Combined chlorine .

Chloramines + Organic Chloramines ⟶ Combined Chlorine

Combined Chlorine + Free Chlorine ⟶ Total Chlorine

ملحوظة :

يمكن لكميات كبيرة من الكلور أن تؤكسد الأمونيا إلى غاز النتروجين وهذا التفاعل يمكن استخدامه كوسيلة للتخلص من الأمونيا .

الأهمــية

يعتبر الكلور من المواد المطهرة شائعة الاستخدام في ميــــاه الشــرب ومياه الصرف الصحى . وحاليا لا يفضل إستخدامه نتيجـــة لأن التفــاعلات

الجانبية له مع المادة العضوية الموجودة فى الماء ينتج عنـــها مــواد ســامه ومسببه للسرطان مثل الكلوروفورم . ويعتبر الكلورين Cl_2 ســـام للأحيـــاء المائية ما لم يتم إختزاله إلى كلوريد . ولذلك فاليوم يفضل استخدام الأشـــعة فوق البنفسجية UV أو الأوزون لأغراض التطهير والتعقيم .

التقـــدير

يوجد العديد من الطرق لتقدير الكلور كما يمكن استخدام بعض الطـوق للتفرقة بين الكلور الحر والكلور آمين. الطريقة التي تستخدم للتميـــيز بيـــن أشكال الكلور المختلفة تعتمد على اضافة أيون اليود للماء في وجـــود دليـــل يسمى(DPD) N,N- diethyl paraphenylene diamine ويتم ذلـــك بـــالطرق اللونية أو المعايرة .

٧- الزيوت والدهون Oil and Grease

الزيوت والدهون هو أسم يطلق على المواد التى يمكن استخلاصها من

الماء بواسطة مذيبات عضوية معينة وهذه المـــواد قـــد تكـــون ذات أصـــل بيولوجى (دهن حيوانى – زيوت نباتية) أو أصل معدنى (الـــهيدروكربونات البترولية) أو قد تكون مركبـــات عضويـــة مخلقـــة Synthetic . والزيـــوت والدهون الناتجة من المطاعم والصناعات الغذائية يمكن أن تغلـــق أنـــابيب الصرف الصحى وتتسبب فى مشاكل عديدة . كما أن مشتقات البترول تعتـبر

مواد سامة وقابلة للاشتعال ويمكنها أن تؤثر بشكل كبير على عمليات التحلل البيولوجى بواسطة الكائنات الحيه الدقيقة .

التقـــدير

الطريقة الأساسية فى التحليل هو الاستخلاص بواسطة مذيب عضـــوى وعادة يستخدم الكلور فلوروكربـــون (CFC) ولكـــن نتيجـــة للأثـــر الســـئ للهيدروكربونات على طبقة الأوزون فيتم استبداله بالهكسان Hexane . وفـــى هذه الطريقة يتم تحميض العينة ورجها عدة مرات مع المذيب العضوى وثـــم تجميع المذيب العضوى وتسخينه حتى التبخير ثم يوزن المتبقى .

وفى حالة استخدام محلول CFC فإن تركيز الزيوت والدهـــون يمكـــن قياسها باستخدام infrared spectrophotometry بدون الحاجة إلى التبخير .

٨- المعادن Metals

تعرف المعادن كيميائيا بأنها عناصر تميل إلى فقـــد الكترونـــات فـــى التفاعل الكيميائى والصورة الصلبة للمعادن تحتوى على إلكترونـــات ســـهله الحركة مما يجعلها جيدة التوصيل للكهرباء وعاكس جيـــد للضـــوء . أمـــا المعادن فى صورة مركبات فهى تكون موجبه الشحنة لأنها تميل إلـــى فقـــد الكترونات بالإضافة إلى ميل المعادن للأرتباط مع غير المعـــادن . وهـــذه الخاصية تجعل بعض المعادن مثل الحديـــد والمغنســـيوم مفيـــدة بيولوجيـــا باعتبارهما جزء من المركبات النشطة بيوكيميائيا مثل الإنزيمات. أيضا نجـد

أن بعض المعادن الأخرى عاليه السمية مثل الرصاص والكادميوم والزئبق لأنها تؤثر على وظيفة الإنزيمات .

ولقد أدرجت هيئة حماية البيئة الأمريكية تسعه معادن تستخدم في الصناعة باعتبارها ملوثات سامة وتشمل الزرنيخ والكادميوم والكروم والنحاس والرصاص والزئبق والنيكل والفضة والزنك .

التقدير

يوجد العديد من الطرق اللونيه لتقدير المعادن خاصة في العينات غير الملوثة وذلك لوجود مواد في العينات الملوثة تتداخل مع تقديرات العناصر . والطريقة الشائعة الآن هو استخدام جهاز الامتصاص الذرى Atomic spectroscopy في السوائل ، جهاز X-Ray Spectroscopy في العينات الصلبة أيضا يوجد العديد من الطرق الكهروكيميائية مثل Polarography وهى ذات حساسية عالية .

٩- السيانيد Cyanide

هو عبارة عن أيون يتكون من كربون ونتروجين CN^- ويستخدم في المناجم والصناعات التعدينية كملح الصوديوم NaCN والبوتاسيوم KCN وذلك لمقدرته على الارتباط بقوة بالمعادن ليكون معقدات أيونية ذائبة في

الماء . وهذه الخاصية تجعل السيانيد عالى السميه للكائنـــات الحيــه وذلــك لمقدرته على وقف النشاط البيولوجى لكثير من الانزيمات الهامة .

وبالرغم من السمية العالية للسيانيد فإن التركيزات المنخفضة منه قابلـة للتحلل بواسطة بعض أنواع البكتريا ويمكن لهذه البكتريــا أن تتــأقلم مــع التركيزات العاليه من السيانيد بمرور الوقت . أما بالنسبة للكائنــات الحيــه الدقيقة غير المتأقلمه فى محطات معالجة مياه الصرف الصحى فإن وجـــود تركيزات عاليه من السيانيد يمكن أن يؤدى إلى وقف نشاطها وأحيانا موتـــها وبالتالى تتوقف عملية المعالجة كليا .

التقـــدير

يتم تقدير السيانيد عادة بإستخدام الطرق اللونية بدقة تصل إلى 5 جــزء فى البليون فى الماء . وحيث أن السيانيد له المقدرة على الارتباط بالأيونــات الأخرى فإن عملية الهضم والتقطير ضرورية عند تقدير السيانيد الكلى .

١٠- المركبات العضوية السامة Toxic Organic Compounds

يعتبر المركب العضوى هو أى مركب يحتوى على كربون ولا يشــمل ذلك ثانى أكسيد الكربون ، والكربونات والسيانيدات . وتحتــوى المركبــات العضوية على سلاسل وحلقات كربونية مرتبطة غالبا بعناصر أخرى ويوجد ملايين المركبات ذات خواص مفيدة والكثير منها نشط بيولوجيا علما بأن

الكائنات الحيه تتكون من العديد من المركبات العضوية .

تستخدم الصناعة آلاف المركبات العضوية فى تصنيع البلاستيك ، الألياف الصناعية والمطاط والأدوية والمبيدات والمشتقات البترولية . وقد أعتبرت هيئة حماية البيئة الأمريكيه حوالى 116 مركب كيماوى من الملوثات السامة ومنها المركبات العضوية المتطايرة والمذيبات المكلوره ومشتقات البتروليه الهيدروكربونية . ويوجد أيضا المركبات العضوية شيه المتطايرة مثل المذيبات والهيدروكربونات العطرية مثل naphthalene ، anthracene والمبيدات PCB's (Polychlorinated biphenyls) .

التقدير

أغلب المركبات العضوية يتم تقديرها باستخدام gas chromatography (GS) ، mass spectrometry (MS) ، والتقنية الشائعة الاستخدام في التقديرات تسمى اختبار ELISA (enzyme-linked immunosorbent assay) وفى هذا الاختبار يظهر لون تفاعل يدل على تركيز المركب تحت الاختبار وهذا الاختبار بسيط ولا يحتاج إلى تدريب مكثف .

١١- الكائنات الحيه الممرضة Pathogenic Microorganisms

تحتوى مياه الصرف على أعداد كبيرة من الميكروبات التى تسبب الأمراض للانسان وتشمل الفيروسات والبكتريا والفطريات والبروتوزوا

والديدان ويرقاتها .

وهذه الميكروبات تنتج من الأفراد المصابين أو الحاملين للأمـــراض . كثير من هذه الميكروبات يمكن تقديرها مباشـــرة بواســطة الميكروســكوب والتحليل الشائع إستخدامه هو ما يطلق عليه "indicator organisms" وهــذه الكائنات ليست شديدة الخطورة وسهلة التعرف عليها وقد تم اختيارها لأنـــها تعتبر دليل على وجود الكائنات الدقيقة الأخرى الأكثر خطورة . فعلى ســبيل المثال نجد أن محطات معالجة مياه الصرف الصحى تجرى إختبار وجـــود مجموعة يطلق عليها Fecal Coliforms التى تشمل E. Coli والتـــى تعتــبر دلاله على التلوث بمواد من أمعاء الحيوانات ذات الدم الحار وبوجه عام فإن محطات المياه تجرى إختبار Total Coliforms للدلاله على التلوث البكـــترى (heterotrophic plate count or HTP) .

التقــــدير

عادة ما يستخدم طريقتين لتقدير الكائنات الحيه المرضة :

الأولى :

وفيها يتم استخدام أنابيب تحتوى على بيئة نمو ويتم تلقيحها بالعينــــات المراد تقديرها وتحضن تحت درجة حرارة معينه لمدة معلومـــة . وظـــهور الألوان أو تكون الغاز أو ظهور Flourescence يدل على وجود أنواع معينة

من البكتريا . ثم بعد ذلك يتم حساب عدد الكائنات الممرضة لكل 100ml فـــى العينة الأصلية باستخدام جداول most probable number (MPN) . وفى حالة إيجابية النتائج يتم تأكيد ذلك بعمل تلقيحات أخرى فى أنابيب أخرى باستخدام بيئات نمو مختلفة .

الثانية :

وفيها تم ترشيح حجم معين من عينة الماء خلال غشاء ترشيح مصنوع من خلات السيليلوز ذو مسام صغيرة قادرة على إحتجاز البكتريا . يوضـــع غشاء الترشيح فى طبق معقم يحتوى على وسط غذائى ويحضن على درجـة حرارة معينة لزمن محدد ويحتوى الوسط المغذائى على دلائل لونية خاصـــة بالبكتريا للتعرف عليها .

كل نوع من البكتريا الموجودة فى العينة الآصلية ينتج عنـــها مـــزارع بكترية يمكن التعرف عليها بالعين المجردة .

تقدير وعد بعض البكتريا الممرضـــــة مثـــل Salmonella, E-Coli أو Enterococcus يمكن عملة باستخدام طرق مشابهه لما تم ذكره وذلك

باستخدام بيئة نمو متخصصة لكل نوع . توجد أيضا طرق جديدة باســـتخدام الكروماتوجرافى للتعرف على بعض المركبات التى تعتبر بمثابـــــة بصمـــه (Finger prints) لبعض أنواع البكتريا كمـــا أن تحليـــل DNA يعتـــبر مـــن

الاختراعات الحديثة الآن .

ب- معايير جودة الماء Water Quality Criteria

قامت هيئة حماية البيئة الأمريكية (EPA) بنشر التوصيـــات القوميـــة لجودة المياه وذلك بالنسبة لـ 157 ملوثا وذلك للإستعانة بها فى خلـــق بيئـــة ومياه نظيفة. وقد تم تطوير معايير جودة المياه باستخدام أحـــدث التقنيـــات والمعلومات العلمية الحديثة. وهذه المعايير تم وضعها بناء على العلاقة بيـــن تركيز الملوثات وتأثيرها على صحة البيئة والإنسان .

وفى الصفحات التالية سوف نعرض الجداول التى توضح معايير جودة المياه العذبة والمياه المالحة بإستخدام المصطلحات التالية :

١- أقصى تركيز مسموح به لفترة زمنية قصيرة

Criteria Maximum Concentration (CMC)

وهو عبارة عن أقصى تركيز من المادة مسموح بتواجده فـــى الميـــاه السطحية ويمكن للكائنات المائية أن تتعرض له لفترة قصيرة بدون أن تتـــأثر سلبا .

٢- أقصى تركيز مسموح به لفترة زمنية طويلة وغير محددة

Criteria Continuous Concentration (CCC)

وهو عبارة عن أقصى تركيز المادة يمكن تواجداه فى المياه السـطحية وتستطيع الكائنات البحرية أن تتعرض له لمدة لا نهائية دون أن تتأثر سلبا .

٣- الخطورة على صحه الإنسان Human Health Risk

التوصيات بالنسبة للملوثات الهامة Priority Pollutant والأقل أهميـة nonpriority وتأثيرها على صحة الإنسان تعتمد علـى خطـورة الإصابـة بمرض السرطان (10^{-6}) . ويمكن حساب مستويات الخطورة المختلفة وذلـك بتحريك العلامة العشرية فمثلا عند خطورة ($Risk\ 10^{-5}$) يتم تحريك العلامـة العشرية للمستوى المذكور فى الجدول مسافة واحدة فقط أى زيادة المستوى .

٤- حساب العناصر الذائبة Calculation of Dissolved Metals

مستويات العناصر الذائبة تم حسابها بأحد طريقتين :

- تم حساب العناصر الذائبة فى المياه العذبة المعتمدة على عسر المـاء . باستخدام عسر يقدر 100 mg/l as $CaCO_3$.

- تم حساب أما العناصر الذائبة الغير معتمدة على عسر الماء باسـتخدام معامل التحويل بالجداول المرفقة .

٥- تأثير الرائحة والطعام organoleptic

تحتوى الجداول على معايير تسمية الملوثات وعدم سـميتها وأسـاس

الحكم على عدم السمية أعتمد على تأثير الرائحة والطعم وخلافة organoleptic الذى يجعل المياه والكائنات البحرية مثل الأسماك غير صالحة للاستهلاك وأيضا غير سامة وتحتوى الجداول على تأثير الرائحة والطعم لحوالى 23 ملوثا .

٦- السيلينيوم

لحماية صحه الإنسان فإن استهلاك الماء والكائن البحرى تم حسابة بنائا على Bioconcentration Factor (BCF) = 4.8 L/kg وتناول على أكثر تقدير ما يعادل 0.005 mg/kg/ day .

جدول (1-5) : معايير جودة المياه العذبة والمالحة

م	الملوث	ماء عذب		ماء مالح		صحة الإنسان ما يمكن استهلاكه	
		CCC (ug/L)	CMC (ug/L)	CCC (ug/L)	CMC (ug/L)	الكائن فقط (ug/L)	الكائن + الماء (ug/L)
1	أنتيموني	-	-	-	-	4300_{B}	14_{B}
2	زرنيخ	$150_{A,D,K}$	$340_{A,D,K}$	$36_{A,D}$	$69_{A,D}$	$0.14_{C,M,S}$	$0.018_{C,M,S}$
3	بيريليوم	-	-	-	-	J	J
4	كادميوم	$2.2_{D,E,K}$	$4.3_{D,E,K}$	9.3_{D}	42_{D}	J	J
5a	كرومIII	$74_{D,E,K}$	$570_{D,E,K}$	-	-	J	J, Tota
5b	كرومVI	$11_{D,K}$	$16_{D,K}$	50_{D}	1.100_{D}	J	J,% Tota
6	نحاس	$9.0_{D,F,K}$	$13_{D,F,K}$	3.1_{D}	4.8_{D}	-	1.300_{u}
7	رصاص	$2.5_{D,E}$	$65_{D,E}$	8.1_{D}	210_{D}	J	J
8	زئبق	$0.77_{D,K}$	$1.4_{D,K}$	0.94_{D}	1.8_{D}	0.051_{B}	0.050_{B}
9	نيكل	$52_{D,E,K}$	$470_{D,E,K}$	8.2_{D}	74_{D}	4.600_{B}	610_{B}
10	سيلينيوم	5.0_{T}	$_{D,R,T}$	71_{D}	290_{D}	11.000	$170_{\%}$
11	فضه	-	$3.4_{D,E,G}$	-	$1.9_{D,G}$	-	-
12	ثاليوم	-	-	-	-	6.3_{B}	1.7_{B}
13	زنك	$120_{D,E,K}$	$120_{D,E,K}$	81_{D}	90_{D}	69.000_{U}	9.100_{U}

تابع جدول (1-5)

م	الملوث	ماء عذب		ماء مالح		صحة الإنسان ما يمكن استهلاكه	
		CCC (ug/L)	CMC (ug/L)	CCC (ug/L)	CMC (ug/L)	الكائن فقط (ug/L)	الكائن + الماء (ug/L)
14	سيانيد			1 $_{Q}$	1 $_{Q}$	220.000 $_{B,H}$	700 $_{B}$
15	أسبستوس					-	7 million fibers/L ر
16	2,3,7,8- TCDD Dioxin					1.4E-8 $_{C}$	1.3E-8 $_{C}$
17	Acrolein					780	320
18	Acrylonitrile					0.66 $_{B,C}$	0.059 $_{B,C}$
19	بنزين					71 $_{B,C}$	1.2 $_{B,C}$
20	بروموفورم					360 $_{B,C}$	4.3 $_{B,C}$
21	رابع كلوريد الكربون					4.4 $_{B,C}$	0.25 $_{B,C}$
22	كلورو بنزين					21.000 $_{B,H}$	680 $_{B}$
23	Chlorodibromomethane					34 $_{B,C}$	0.41 $_{B,C}$
24	كلور إيثان					-	-
25	2- Chloroethylvinyl Ether					-	-
26	كلوروفورم					470 $_{B,C}$	5.7 $_{B,C}$
27	Dichlorobromomethane					46 $_{B,C}$	0.56 $_{B,C}$
28	1.1-Dichloroethane					-	-
29	1.2-Dichloroethane					99 $_{B,C}$	0.38 $_{B,C}$
30	1.1-Dichloroethylene					3.2 $_{B,C}$	0.057 $_{B,C}$

صحة الإنسان ما يمكن استهلاكه		ماء مالح		ماء عذب		الملوث	م
الكائن + الماء (ug/L)	الكائن فقط (ug/L)	CMC (ug/L)	CCC (ug/L)	CMC (ug/L)	CCC (ug/L)		
0.52 $_{B,C}$	39 $_{B,C}$					1,2-Dichloropropane	31
10 $_{B}$	1,700 $_{B}$					1,3- Dichloropropane	32
3,100 $_{B}$	29,000 $_{B}$					Ethylbenzene	33
48 $_{B}$	4000 $_{B}$					Methyl Bromide	34
J	J					Methyl Chloride	35
4.7 $_{B,C}$	1600 $_{B,C}$					Methylene Chloride	36
0.17 $_{B,C}$	11 $_{B,C}$					1,1,2,2-Tetrachloroethane	37
0.8 $_{C}$	8.85 $_{C}$					Tetrachloroethylene	38
6,800 $_{B}$	200,000 $_{B}$					Toluene	39
700 $_{B}$	140,000 $_{B}$					1,2-Trans-Dichloroethlene	40
J	J					1,1,1-Trichloroethane	41
0.60 $_{B,C}$	42 $_{B,C}$					1,1,2-Trichloroethane	42
2.7 $_{C}$	81 $_{C}$					Trichloroethylene	43
2.0 $_{C}$	525 $_{C}$					Vinyl Chloride	44
120 $_{B,U}$	400 $_{B,U}$					2-Chlorophenol	45
93 $_{B,U}$	790 $_{B,U}$					2,4-Dichlorophenol	46
540 $_{B,U}$	2,300 $_{B,U}$					2,4-Dimethylphenol	47
13.4	765					2-Methyl-4,6-Dinitrophenol	48
70 $_{B}$	14,000 $_{B}$					2,4-Dinitrophenol	49
-	-					2-Nitrophenol	50
-	-					4-Nitrophenol	51
U	U					3-Methyl-4-Chlorophenol	52

تابع جدول (5-1)

م	الملوث	ماء عذب CCC (ug/L)	ماء عذب CMC (ug/L)	ماء مالح CCC (ug/L)	ماء مالح CMC (ug/L)	صحة الإنسان ما يمكن استهلاكه الكائن فقط (ug/L)	صحة الإنسان ما يمكن استهلاكه الكائن + الماء (ug/L)
53	Pentachlorophenol	15 $_{H,K}$	19 $_{H,K}$	7.9 $_{bb}$	13 $_{bb}$	8.2 $_{B,C,H}$	0.28 $_{B,C}$
54	Phenol					4,600,000 $_{B,H,C}$	21,000 $_{B,C}$
55	2,4,6-Trichlorophenol					6.5 $_{B,C}$	2.1 $_{B,C,U}$
56	Acenaphthene					2,700 $_{B,U}$	1,200 $_{B,U}$
57	Acenaphthylene					-	-
58	Anthracene					110,000 $_{B}$	9,600 $_{B}$
59	Benzidine					0.00054 $_{B,C}$	0.00012 $_{B,C}$
60	Bcnzoa Anthracene					0.049 $_{B,C}$	0.0044 $_{B,C}$
61	Benzoa Pyrene					0.049 $_{B,C}$	0.0044 $_{B,C}$
62	Benzob Fluoranthene					0.049 $_{B,C}$	0.0044 $_{B,C}$
63	Benzoghi Perylene					-	-
64	Benzok Fluoranthene					0.049 $_{B,C}$	0.0044 $_{B,C}$
65	Bis2-Chloroethoxy Meyhane					-	-
66	Bis2-Chloroethyl Ether					1.4 $_{B,C}$	0.031 $_{B,C}$
67	Bis2-Chloroisopropyl Ether					170,000 $_{B}$	1,400 $_{B}$
68	Bis2-Ethylhcxyl Phthalatc^{x}					5.9 $_{B,C}$	1.8 $_{B,C}$
69	4-Bromophcnyl Phcnyl Ether					-	-
70	Butylbenzyl Phthalate^{w}					5.200 $_{B}$	3,000 $_{B}$
71	2-Chloronaphthalene					4.300 $_{B}$	1,700 $_{B}$

تابع جدول (5-1)

م	الملوث	ماء عذب		ماء مالح		صحة الإنسان ما يمكن استهلاكه	
		CCC (ug/L)	CMC (ug/L)	CCC (ug/L)	CMC (ug/L)	الكائن فقط (ug/L)	الكائن + الماء (ug/L)
72	4-Chlorophenyl Phenyl Ether	15 $_{H,K}$	19 $_{H,K}$	7.9 $_{bb}$	13 $_{bb}$	-	.
73	Chyscne					0.049 $_{B,C}$	0.0044 $_{B,C}$
74	Dibcnzoa,h Anthraccnc					0.049 $_{B,C}$	0.0044 $_{B,C}$
75	1,2-Dichlorobenzene					17,000 $_{B}$	2,700 $_{B}$
76	1,3- Dichlorobenzene					2,600	400
77	1,4- Dichlorobenzene					2600	400
78	3,3- Dichlorobenzidine					0.077 $_{B,C}$	0.04 $_{B,C}$
79	Diethyl Phthalate^{w}					120,000 $_{B}$	23,000 $_{B}$
80	Dimethyl Phthalate^{w}					2,900,000	313,000
81	Di-n-Butyl Phthalate^{w}					12,000 $_{B}$	2,700 $_{B}$
82	2,4-Dinitrotoluene					9.1 $_{C}$	0.11 $_{C}$
83	2,6- Dinitrotoluene					-	-
84	Di-n-Octyl Phthalate					-	-
85	1,2-Diphenylhydrazine					0.54 $_{B,C}$	0.040 $_{B,C}$
86	Fluoranthene					370 $_{B}$	300 $_{B}$
87	Fluorene					14,000 $_{B}$	1.300 $_{B}$
88	Hexachlorobenzene					0.00077 $_{B,C}$	0.00075 $_{B,C}$
89	Hexachlorobutadicne					50 $_{B,C}$	0.44 $_{B,C}$
90	Hexachlorocyclopentadiene					17,000 $_{B,H,U}$	240 $_{B,U}$
91	Hexachloroethane					8.9 $_{B,C}$	1.9 $_{B,C}$

تابع جدول (5-1)

صحة الإنسان ما يمكن استهلاكه		ماء مالح		ماء عذب		الملوث	م
الكائن + الماء (ug/L)	الكائن فقط (ug/L)	CMC (ug/L)	CCC (ug/L)	CMC (ug/L)	CCC (ug/L)		
$0.0044_{B,C}$	$0.049_{B,C}$					Ideno 1,2,3-cd Pyrene	92
$36_{B,C}$	$2,600_{B,C}$					Isophorone	93
-	-					Naphthalene	94
17_{B}	$1,900_{B,H,U}$					Nitrobenzene	95
$0.00069_{B,C}$	$8.1_{B,C}$					N-Nitrosodimethy lamine	96
$0.005_{B,C}$	$1.4_{B,C}$					N-Nitrosodi-n-Propylamine	97
$5.0_{B,C}$	$16_{B,C}$					N-Nitrosodimethy lamine	98
-	-					Phenanthrene	99
960_{B}	$11,000_{B}$					Pyrene	100
260%	940					1,2,4-Trichlorobenzene	101
$0.00013_{B,C}$	$0.00014_{B,C}$	3.0_{G}		1.3_{G}		Aldrin	102
$0.0039_{B,C}$	$0.013_{B,C}$					Alpha-BHC	103
$0.014_{B,C}$	$0.046_{B,C}$					Beta-BHC	104
0.019_{C}	0.063_{C}	0.95_{K}		0.16_{G}		Gamma-BHC (Lindane)	105
-	-					Delta-BHC	106
$0.0021_{B,C}$	$0.0022_{B,C}$	2.4_{G}	0.0043_{G}	0.09_{G}	0.004_{G}	Chlordane	107
$0.00059_{B,C}$	$0.00059_{B,C}$	1.1_{G}	0.001_{G}	0.13_{G}	0.001_{G}	4,4'-DDT	108
$0.00059_{B,C}$	$0.00059_{B,C}$					4,4'-DDE	109
$0.00083_{B,C}$	$0.00084_{B,C}$					4,4'-DDD	110

تابع جدول (5-1)

م	الملوث	ماء عذب		ماء مالح		صحة الإنسان ما يمكن استهلاكه	
		CCC (ug/L)	CMC (ug/L)	CCC (ug/L)	CMC (ug/L)	الكائن فقط (ug/L)	الكائن + الماء (ug/L)
111	Dieldrin	$0.056_{K,O}$	0.24_{K}	0.0019_{G} [illegible]	0.71_{G}	$0.00014_{B,C}$	$0.00014_{B,C}$
112	Alpha-Endosulfan	0.056_{G}	$0.22_{G,Y}$	0.0087_{G}	0.034_{G}	240_{B}	110_{B}
113	Beta-Endosulfan	0.034_{G}	$0.22_{G,Y}$	0.0087_{G}	0.034_{G}	240_{B}	110_{B}
114	Endosulfan Sulfate	-	-	-	-	240_{B}	110_{B}
115	Endrin	$0.036_{K,O}$	0.086_{K}	0.0023_{G}	0.037_{G}	$0.81_{B,H}$	0.76_{B}
116	Endrin Aldehyde	-	-	-	-	$0.81_{B,H}$	0.76_{B}
117	Heptachlor	0.0038_{G}	0.52_{G}	0.0036_{G}	0.053_{G}	$0.00021_{B,C}$	$0.00021_{B,C}$
118	Heptachlor Epoxide	0.0038_{G}	$0.52_{G,V}$	$0.0036_{G,V}$	0.053_{G}	$0.00011_{B,C}$	$0.00010_{B,C}$
119	Polychlorinated Biphenyls PCB;	0.014_{N}	-	0.03_{N}	-	$0.00017_{B,C}$	$0.00017_{B,C}$
120	Toxaphene	0.0002	0.73	0.0002	0.21	$0.00075_{B,C}$	$0.00073_{B,C}$

ملاحظات :

A. هذه الخاصية مأخوذة من الزرنيخ الثلاثى As(III) وأدرجت بالنسبة للزرنيخ الكلى مما يعطى إنطباعا بتساوى تأثير As III ، As(V) وهذا مجافى للحقيقة .

B.تم مراجعة هذه الخاصية وتغييرها عن التقرير السابق لتناسب EPA .

C.هذه الخاصية تعتمد على خطورة 10^{-6} بالإصابة بأمراض السرطان ويمكن الحصول على مستويات خطورة أخرى وذلك بتحريك العلامة العشرية إلى اليمين .

D.العناصر فى الماء المالح والعذب يتم التعبير عنها على أساس العنصر الذائب فى عمود الماء .

E.هذه الخاصية تم التعبير عنها بإعتبار أن ذائبية العنصر داله لعسر الماء ((mg/L فى عمود الماء والقيمة المعطاه محسوبة عند عسر 100mg/L ويمكن الحساب عند مستويات عسر مختلفة كما يلى :

$$CMC\ (dissolved) = \exp\left\{ m_A \left[\ln(hardness) \right] + b_A \right\} (CF)$$

F. تم التعبير عن pentachlorophenol كداله للـــ pH وتم حسابها كما يلي :

CMC= exp [1.005 (pH)-4.869)]

CCC = exp [1.005 (pH)-5.134)]

I هذه القيمة للأسبستوس تعتبر أقصى مستوى تلوث.(Maximum Contaminant Level (MCL

J. هيئة حماية البيئة لم تحسب تأثير هذه الخاصية على صحة الإنسان .

K. هذه الخاصية تم حسابها على أساس القيمة القديمة لسنة ١٩٩٥ .

L. $CMC = 1 / [(F_1/CMC1) + (F_2/ CMC2)]$.

حيث F_1، F_2 هما جزء من السيلينيوم الكلى ، selenite ، selenate بالترتيب وقيم CMC 1 = 185.9 mg/l ، CMC 2 = 12.83 .

M. قيد المراجعه بواسطة EPA .

O. حساب CCC لهذا الملوث لم يشمل التعرض له من خلال الأكل .

Q. أدرجت هذه الخاصية (ug free cyanide (CN/L .

R. قيد المراجعه بواسطة EPA .

S. هذه القيمة تشير إلى الصورة غير العضوية فقط .

T. يمكن استخدام معامل التحويل CF = 0.922 لحساب العنصر الذائب .

U. معايير تأثير الرائحه والطعم organoleptic أكثر دقة من القيم الخاصة بالملوثات الهامة .

جدول (2-5) : معايير جودة المياه للملوثات الأقل أهمية

م	الملوث	ماء عذب		ماء مالح		صحة الإنسان ما يمكن استهلاكه	
		CCC (ug/L)	CMC (ug/L)	CCC (ug/L)	CMC (ug/L)	الكائن فقط (ug/L)	الكائن + الماء (ug/L)
1	Alkalinity	20000					
2	Aluminum pH 6.5-9.0	87	750				
3	Ammonia						
4	Barium					1,000	
5	Chloride	230000	860000				
6	Chlorine	11	19	7.5	13		
7	Chlorophenoxy Herbicide 2,4,5,-TP					10	
8	Chlorophenoxy Herbicide 2,4,-D					100	
9	Chloropyrifos	0.041	0.083	0.0056	0.011		
10	Demeton	0.1					
11	Ether, Bis Chloromethyl					0.00078	0.00013
12	Guthion	0.01		0.01			
13	Hexachlorocyclo-Hexane-Technical					0.0414	0.0123
14	Iron	1000					300
15	Malathion	0.1		0.1			
16	Manganese					100	50
17	Methoxychlor	0.03		0.03			100
18	Mircx	0.001		0.001			
19	Nitrales						10,000
20	Nitrosamines					1.24	0.0008

تابع جدول (2-5) : معايير جودة المياه للملوثات الأقل أهمية

م	الملوث	ماء عذب		ماء مالح		صحة الإنسان ما يمكن استهلاكه	
		CCC (ug/L)	CMC (ug/L)	CCC (ug/L)	CMC (ug/L)	الكائن فقط (ug/L)	الكائن + الماء (ug/L)
21	Dinitrophenols					14.000	70
22	Nitrosodibutylamine, N					0.587	0.0064
23	Nitrosodibutylamine, N					1.24	0.0008
24	Nitrosopyrrolidine, N					91.9	0.016
25	Parathion	0.013	0.065				
26	Pentachlorobcnzcnc					4.1	3.5
27	PH	6.5-9		6.5-8.5			5-9
28	Phosphorus Elemental			0.1			
29	Salinity						250,000
30	Sulfide-Hydrogen Sulfide	2.0		2.0			
31	Tetrachlorobenzene, 1,2,4,5-					2.9	2.3
32	Tributyltin TBT	0.063	0.46	0.010			
33	Trichlorophenol,2,4,5-				0.37	9800	2,600

جدول (3-5) : معايير جودة المياه الخاصة بالطعم والرائحة organoleptic

م	الملوث	معيار التأثير الخاص بالطعم والرائحة (ug/L)
1	Acenaphthene	20
2	Monochlorobenzene	20
3	3-Chlorophenol	0.1
4	4-Chlorophcnol	0.1
5	2,3-Dichlorophenol	0.04
6	2,5-Dichlorophenol	0.5
7	2,6-Dichlorophenol	0.2
8	3,4-Dichlorophenol	0.3
9	2,4,5-Trichlorophcnol	1
10	2,4,6-Trichlorophcnol	2
11	2,3,4,6-Trichlorophcnol	1
12	2-Methyl-4-Chlorophenol	1800
13	3-Methyl-4-Chlorophenol	3000
14	3-Methyl-6-Chlorophenol	20
15	2-Chlorophenol	0.1
16	Copper	1000
17	2,4-Dichlorophenol	0.3
18	2,4-Dichlorophenol	400
19	Hcxachlorocyclopcntadicnc	1
20	nitrobenzene	30
21	Pentachlorophenol	30
22	Phenol	300
23	zinc	5000

Appendix A- Conversion Factors for Dissolved Metals

Metal	Conversion Factor freshwater CMC	Conversion Factor freshwater CCC	Conversion Factor saltwater CMC	Conversion Factor saltwater CCC[1]
Arsenic	1.000	1.000	1.000	1.000
Cadmium	1.136672-[(ln hardness)(0.041838)]	1.101672-[(ln hardness)(0.041838)]	0.994	0.994
Cadmium III	0.316	0.860	-	-
Cadmium VI	0.982	0.962	0.993	0.993
Copper	0.960	0.960	0.83	0.83
Lead	1.46203-[(ln hardness)(0.145712)]	1.46203--[(ln hardness)(0.145712)]	0.951	0.951
Mercury	0.85	0.85	0.85	0.85
Nickel	0.998	0.997	0.990	0.990
Selenium	-	-	0.998	0.998
Silver	0.85	-	0.85	-
Zinc	0.978	0.986	0.946	0.946

Appendix B-Parameters for Calculating Freshwater Dissolved Metals Criteria That Are Hardness-Dependent.

Chemical	m_A	b_A	m_c	b_c	Freshwater Conversion Factors (CF)	
					Acut	Chronic
Cadmium	1.128	-3.6867	0.7852	-2.715	1.136672--[(In hardness) (0.041838)]	1.101672-[(In hardness) (0.041838)]
Cadmium III	0.8190	3.7256	0.8190	0.6848	0.316	0.860
Coppcr	0.9422	-1.700	0.8545	-1.702	0.960	0.960
Lead	1.273	-1.460	1.273	-4.705	1.46203-[(In hardness) (0.145712)]	1.46203-[(In hardness) (0.145712)]
Nickcl	0.8460	2.255	0.8460	0.0584	0.998	0.997
Silver	1.72	-6.52	-	-	0.85	-
Zinc	0.8473	0.884	0.8473	0.884	0.978	0.986

Appendix C- Calculation of Freshwater Ammonia Criterion

1- The one-hour average concentration of total ammonia nitrogen (in mg N/L) does not exceed, more than once every three years on the average, the CMC calculated using the following equation:

$$CMC = \frac{0.275}{1+10^{7.204-pH}} + \frac{39.0}{1+10^{pH-7.204}}$$

In situations whcrc salmonids do not occur, the CMC may bc calculatcd using the following cquation.

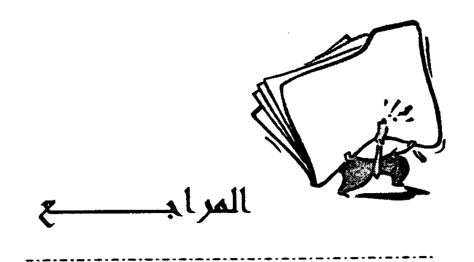
0.411 58.4

$$CMC = \frac{0.411}{1+10^{7.204-pH}} + \frac{58.4}{1+10^{pH-7.204}}$$

2- The thirty-day average concentration of total ammonia nitrogen (in mg N/L) does not exceed, more than once every three years on the average, the CCC calculated using the following equation:

$$CCC = \frac{0.0858}{1+10^{7.688-pH}} + \frac{3.70}{1+10^{pH-7.688}}$$

and the highest four-day average within the 30-day period does not exceed twice the CCC.



المراجـــــــــع

1- "Conservation Power," by Robert Buderi and Emily T. Smith in NY, with maria Shao in San Francisco, Geoffrey Smith in Boston, Peter Hong in Washington; Business Week: September 16, 1991.

2- "How Green was Our Summit?" by Fred Pearce; New Scientist: July 27, 1992.

3- "On the Road to Rio and to Sustainability," by James G. Speth; Environ. Sci. Technol., Vol. 26, No. 6:1992.

4- "Summit to Save the Earth; Rich vs. Poor," by Philip Elmer-Dewitt; Time: June 1, 1992

5- "The Role of Pollution in Large-Scale Population Disturbances" Part1: Aquatic Populations, by David Sarokin and Jay Schilkin; Environ. Sci. Technol., Vol. 26, No. 8:1992.

6- "The Science Behind Global Environmental Scares," by Fred Singer; Consumer Research: October, 1991.

7- Asano T., Smith R.G. and Tchobanoglous G. (1985). Muncipal Waste Water : Treatment and Reclaimed Water Characteristics. Irrigation with reclaimel municipal waste water- A. Guidance Manual, G.S. Pettygrove and T. Asano (eds). Lewis publishers Inc. chelsea, Mississippi.

8- Degremont, 1980. Water treatment handbook. Wiley, New York.

9- Eliott, L.F., Stevenson, F.F (1977). Soils for management of organic wastes and waste waters. Soil Sci. Soc. Am, Madison, Wis.

10- Franks, F. 1979. Water, A. Comprehensive Treatise, vols. 1-6, Plenum Press, New York.

11- Fuller, W.H., and A.W. Warrick (1985). Soils in waste treatment and utilization. Vol 1&2. CRC, Boca Raton.

12- Gross, J. M. an B. Weisell 1977. Principles of Physical Chemistry , Macdonald and Evans, Plymouth.

13- Jain, J.K. 1977. Resource development in semi-arid lands, Phil. Trans. Roy. SOC., B 278, 437-617.

14- Jewell W.J., Madras J.J., Clarckson W.W., Delancgy-pompe H. and Kabrick R.M. (1983). Waste Water treatment with plants in nutrient films. Report PB 83-247-494, US. Environmental protection Agency, Ada, Oklahoma.

15- Logan T.J. and R.L. Chaney.(1983). Metals. In Utilization of Municipul Waste Water and Sludge on Land, Page, A.L. (Ed.) Univ. of California, Riverside.

16- Reddy K.R. and De Busk W.F. (1987). Nutrient storage capabilities of aquatic and wetland plants. Aquatic Plants for Water treatment and Resaurce Recovery. K.R. Reddy and W.H. Smith (eds). Magnolia Publishers, Orelando, Florida.

17- Seckler, D., R. Barker, and U. Amarasinghe , 1999. Water Scaricity in the Twenty-first Century. Water Resources Development 15: 29-42.

18- Shuval H.I., Adin A., Fattal B., Rawitz E. and Yekeutiel P. (1986). Waste water irrigation in developing Countries : health effects and technical Solutions. Technical Paper No. 51. World Bank, Washington DC.

19- Strauss M. and Blumenthal U.J. (1989). Human Waste Use in Agriculture and Aquaculture : utilization practices and health perspectives- IRCWD Report No. 08/89. International Reference Centre for Waste disposal, Dubendorf, Switzerland.

20- WHO Scientific group (ed). (1989). Health Guidelines for the Use of Waste Water in Agriculture : report, WHO Geneva, Tech. Rep. Ser. 778.

21- WRI, World Resources Institute-1994. A guide to the global environment. New York, Oxford: Oxford University Press.

• أحمد النجعاوى . ٢٠٠٠. تكنولوجيا معالجة الماء والصــرف الصنــاعى . منشــأة المعارف . الإسكندرية . جمهورية مصر العربية .